МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

В. П. Шапорев, Г. М. Шабанова, А. М. Корогодська, О. Я. Пітак,
І. В. Пітак, В. В. Тараненкова, Т. С. Бондаренко, О. В. Толстоусова

ЕКОЛОГІЯ У ВИРОБНИЦТВІ ТУГОПЛАВКИХ НЕМЕТАЛЕВИХ І СИЛІКАТНИХ МАТЕРІАЛІВ

Навчальний посібник
для студентів спеціальності 101 «Екологія»
та 161 «Хімічна технологія та інженерія»

Затверджено
редакційно- видавничою
радою університету,
протокол № 1 від 22.06.2017р.

Харків
2018

УДК 628.4/5
ББК 30.69
Х-52

Рецензенти:

С. М. Логвінков, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри технології, екології та безпеки життєдіяльності Харківського національного економічного університету ім. Семена Кузнеця

В. І. Вінниченко, д-р техн. наук, професор, професор кафедри механізації будівельних процесів Харківського національного університету будівництва та архітектури

Рекомендовано Вченою радою НТУ «ХПІ» як навчальний посібник для студентів спеціальності 101 «Екологія» та 161 «Хімічна технологія та інженерія», протокол № 1 від 22.06.2017 р.

Шапорев В. П.
Х-52 Екологія у виробництві тугоплавких неметалевих і силікатних матеріалів: навч. посіб. / В. П. Шапорев, Г. М. Шабанова, А. М. Корогодська, О. Я. Пітак, І. В. Пітак, В. В. Тараненкова, Т. С. Бондаренко, О. В. Толстоусова − Харків: Технологічний Центр, 2018. − 180с.

ISBN 978-617-7319-14-5

Розглянуто основні питання взаємодії виробничих факторів (виробничий процес, технологічні впровадження, умови виробничого процесу, що утворюють шкідливі речовини і фактори) та навколишнього середовища (працівники, живі організми за межами технологічного процесу) при виробництві тугоплавких неметалевих і силікатних матеріалів.

Призначено для студентів спеціальності: 101 «Екологія» та 161 «Хімічна технологія та інженерія»

УДК 628.4/5

ISBN 978-617-7319-14-5

ЗМІСТ

ВСТУП

Будівельна індустрія є однією з найбільш матеріаломістких і енергоємних галузей народного господарства. На її частку припадає близько 50 % споживання електроенергії, з виробленої людством енергії і 60 % матеріальних ресурсів. Промисловість будівельних матеріалів найбільшою мірою, на відміну від інших галузей, може споживати велику кількість відходів промислових виробництв. Однак людство, усвідомивши важливість екологічних проблем, доходить до розуміння того, що масштаби й інтенсивність матеріальної діяльності людей стали такими, що природне середовище та техногенна діяльність перестали бути загальним поглиначем відходів виробництва, транспорту, побуту і практично невичерпним джерелом сировини та енергії.

Щорічно в біосферу надходять до 30 мльярдів тон у вигляді твердих та рідких відходів. Їх велика кількість пов’язана з недосконалістю сучасних технологій. На сьогоднішній день при виробництві кінцевої продукції використовується не більше 7 % добутої сировини. Аналіз тенденцій сучасного господарства свідчить, що кількість відходів подвоюється кожні 10−12 років.

До переваг циркуляційного техногенного ресурсного циклу перед іншими видами належать: висока концентрація багатьох корисних компонентів у вторинних матеріальних ресурсах і можливість їх ефективної переробки в комплексну вторинну сировину, що споживається в паралельно працюючих виробничих циклах. Будівельна індустрія і виробництво багатьох будівельних матеріалів найбільш раціонально використовують сировинні ресурси порівняно з іншими галузями промисловості. Екологія виробництва тугоплавких неметалевих і силікатних матеріалів розглядає питання взаємодії виробничих факторів (виробничий процес, технологічні впровадження, умови виробничого процесу, що утворюють шкідливі речовини і фактори) та навколишнього середовища (працівники, живі організми за межами технологічного процесу).

1 ДЖЕРЕЛА ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Забрудненням вважається привнесення в екологічну систему нових, невластивих для неї фізичних, хімічних та біологічних агентів, або перевищення природного середнього багатолітнього рівня цих агентів у природному середовищі. Безпосередніми об’єктами забруднення є атмосфера, гідросфера і літосфера, а непрямими – різні екосистеми та їх складові.

Джерела забруднення можуть бути природного й антропогенного походження. Природними джерелами є пилові бурі, виверження вулканів, лісові пожежі, гейзери, антропогенними – промислові підприємства, підприємства теплоенергетичного комплексу, сільське господарство, транспорт, комунально-побутове господарство. Забруднювачами довкілля є сотні тисяч та мільйони хімічних сполук. При цьому особливу небезпеку становлять токсичні речовини і солі важких металів.

Забруднення біосфери поділяється на природне й антропогенне. До антропогенних належать забруднення, що виникають у результаті виробничої діяльності людей та в повсякденному їх житті.

На відміну від природних, антропогенні забруднення надходять у біосферу безперервно, що призводить до накопичення забруднювачів із високими локальними концентраціями. Антропогенні забруднення поділяються на такі групи: фізичну, хімічну та мікробіологічну. Кожна з цих груп характеризується різноманітністю джерел забруднення та особливостями забруднювачів.

Фізичні забруднення

Теплове забруднення виникає в результаті локального підвищення температури повітря, водойми або ґрунту внаслідок промислових викидів, нагрітих газів або повітря, скидів у водойми теплих промислових або стічних вод, а також прокладання наземних і підземних теплотрас.

Світлове забруднення природного середовища порушує освітленість

земної поверхні при зміні дня та ночі, а отже, порушує пристосованість рослин і тварин до цих умов.

Шумове забруднення утворюється в результаті збільшення інтенсивності та повторюваності шуму, вищих від природного рівня. Адаптація живих організмів до нього неможлива. Шум характеризується частотою і звуковим тиском. Звуки, що сприймаються людиною, знаходяться в діапазоні частот 16–20 тис. Гц. Звукові хвилі з частотою нижче 20 Гц називаються інфразвуком, а вище 20 кГц – ультразвуком. Вони становлять небезпеку для людини і живих організмів. Рівень звукового тиску вимірюється в децибелах. Рівень звукового тиску у 50–60 дБ не завдає шкідливого впливу на людину та не заподіює занепокоєння. Такий шум характерний для вулиці середньої жвавості, слабкої або нормальної роботи радіо та телевізійної апаратури. Шум, що перевищує ці значення, призводить до шумового забруднення навколишнього середовища. У населених пунктах одним із основних джерел шумового забруднення є автотранспорт. Невирішеною залишається проблема шумового впливу залізничного транспорту. У районах знаходження залізниці шум перевищує допустиме значення на 45 %. Інфразвук порушує життєдіяльність організмів. У людей відчувається психологічний дискомфорт, розвиток несвідомого почуття страху. Виникнення паніки серед тварин перед виверженням вулканів і землетрусом обумовлено появою інфразвукових шумів. Такий шум виникає також при польоті важких вертолітів, під час роботи пресів, при русі великогабаритних машин.

Електромагнітне забруднення – зміна електро-магнітних властивостей середовища поблизу ліній електропередач, радіо та телевізійних станцій, промислових установок і радарних пристроїв. Зростання рівня електромагнітного забруднення обумовлено значним розвитком телебачення, радіомовлення, комп'ютеризацією, розширенням виробництва і споживання побутової електронної техніки.

Радіоактивне забруднення являє собою підвищення природного фону радіоактивності, спричинене антропогенною діяльністю людини. Для оцінення

рівня радіоактивного забруднення зазвичай застосовують різні одиниці виміру: 1 Р або 1 бер. Ці одиниці використовуються при визначенні допустимого впливу (ГДВ), що становить найбільше значення індивідуальної радіоактивності дози за рік, яка протягом 50-ти років не викликає у людини несприятливих впливів. Для людини ця доза становить 500 мбер/р і має такі складові: природну радіоактивність – 100 мбер/р, дозу, одержану при медичних діагностиках – 140 мбер/р, дозу, одержану людиною всередині цегляних і залізобетонних будівель. Крім того, є дози, одержувані при перегляді телепередач і при польотах у літаках.

Хімічні забруднення

Найбільш масовим та таким, що завдає великої шкоди природному середовищу, є хімічне забруднення біосфери. На відміну від інших забруднень, хімічне забруднення характеризується взаємодією забруднюючих компонентів з компонентами природного середовища. В результаті цього можуть з'явитися більш-менш шкідливі сполуки, ніж самі забруднювачі. Серед хімічних забруднювачів поширеними є газоподібні речовини, такі як CO, SO_2, N_2O, вуглеводні, пил, сірковуглець, сірководень, аміак, хлор та його сполуки, ртуть.

До хімічних забруднювачів гідросфери належать: нафта, стічні води промислових підприємств, що містять фенол, та інші високотоксичні органічні сполуки, солі важких металів, нітрати, сульфати, ПАР.

Хімічними забруднювачами літосфери є: нафта, пестициди, тверді і рідкі відходи хімічних виробництв. До хімічних забруднювачів належать також отруйні речовини або хімічна зброя. Розрив снаряда з хімічною зброєю покриває токсичними речовинами великі площі та створює високу загрозу отруєння людей і винищення тварин і рослин. Знищення хімічної зброї потребує великих матеріальних витрат, а його зберігання становить серйозну загрозу через можливість руйнування металевого корпусу з часом і потрапляння компонентів хімічної зброї в природне середовище.

Мікробіологічні забруднення

Поява великої кількості хвороботворних мікроорганізмів зумовлена

масовим їх розмноженням на антропогенних джерелах живлення. В атмосферному повітрі можуть перебувати різні бактеріальні віруси і грибки. Мікробіологічне забруднення води полягає в зміні властивостей води в результаті збільшення кількості невластивих їй бактерій, грибків, хробаків і найпростіших. У воді відкритих водойм зустрічаються також різні мікроорганізми, в тому числі патогенні, що викликають, як правило, кишкові захворювання. У ґрунті ж міститься велика кількість мікроорганізмів, особливо сапрофітів та умовно патогенних. У той же час в ґрунті можуть міститися бактерії, що викликають газову гангрену, правець і ботулізм.

1.1 Міжнародні екологічні програми

Міжнародні екологічні організації та фонди

З усіх видів безпеки (військової, екологічної, економічної та ін.) саме екологічна на сьогоднішній день є найактуальнішою. Ряд її проблем, звичайно, можливо та потрібно вирішувати в межах окремо взятої держави або регіону, але в цілому екологічна безпека жителів Землі може бути забезпечена лише зусиллями всього людства. Для цього потрібно єдине розуміння проблеми екологічної кризи планети та спільні скоординовані дії всіх країн і народів щодо її подолання.

Об’єктами міжнародно-правової охорони навколишнього природного середовища є природні об’єкти, з приводу яких у суб’єктів міжнародного права (держав і міжнародних організацій) виникають і розвиваються екологічні відносини.

Серед міжнародних об’єктів охорони, об’єктів природокористування (ОПС) виділяють дві категорії: 1 категорія – об’єкти, що не входять, та 2 категорія – об’єкти, що входять до юрисдикції окремих держав. Перші – це повітряний басейн, близький Космос, Світовий океан, Антарктида, мігруючі види тварин. Зазначені об’єкти охороняються та використовуються відповідно до норм міжнародного екологічного права. Ті природні об’єкти, що не увійшли до категорії об’єктів під міжнародною охороною, можуть за необхідності

виступати об’єктами міжнародного співробітництва в галузі охорони навколишнього природного середовища, раціонального природокористування, екологічної безпеки.

Міжнародно-правові об’єкти природи, що входять до юрисдикції конкретних держав – це об’єкти на їх території, включені до світової природної спадщини, занесені в Міжнародну Червону книгу зникаючих і рідкісних тварин і рослин, міжнародні річки, моря, озера.

Основоположні принципи міжнародного співробітництва в галузі охорони навколишнього середовища були сформульовані в Декларації Стокгольмської конференції ООН 1972 р. проблем навколишнього середовища.

Перший принцип (основний): держави мають право використовувати власні ресурси відповідно до своєї національної політики в підході до проблем навколишнього середовища. Однак на них лежить відповідальність за те, щоб їх діяльність не завдавала шкоди навколишньому середовищу інших держав або регіонів, що знаходяться за межами національної території.

Другий принцип: природні ресурси Землі, включаючи повітря, воду, землю, флору, фауну і особливо репрезентативні (характерні) зразки природних екосистем, повинні бути збережені на благо нинішнього і майбутніх поколінь шляхом ретельного планування діяльності людини й управління нею в міру необхідності.

Третій принцип: не відновлювані ресурси повинні розроблятися таким чином, щоб був забезпечений їх захист від виснаження в майбутньому, і щоб вигоди від їх розробки в міжнародних просторах отримувало все людство.

Принципи міжнародної взаємодії в сфері охорони навколишнього середовища доповнені Всесвітньою хартією природи, що була схвалена Генеральною Асамблеєю ООН і проголошена в резолюції від 28 жовтня 1988 р., а саме:

1) біологічні ресурси використовуються лише в межах їх природної здатності до відновлення;

2) продуктивність ґрунтів підтримується або поліпшується завдяки

заходам зі збереження їх довгострокової родючості і процесу розкладання органічних речовин, щодо запобігання ерозії та будь-яких інших форм саморуйнування;

3) ресурси багаторазового використання, включаючи воду, а також ті, що використовуються повторно або рециркулюють;

4) не відновлювані ресурси одноразового користування експлуатуються в міру, з урахуванням запасів, можливості раціональної переробки для споживання і сумісності їх експлуатації з функціонуванням природних систем;

5) потрібно вживати особливих заходів з метою недопущення скидання радіоактивних і токсичних відходів;

6) необхідно утримуватися від діяльності, що може завдати непоправної шкоди природі;

7) райони, які прийшли в результаті діяльності людини в занепад, підлягають відновленню відповідно до їх природного потенціалу та вимог підтримки добробуту населення, що мешкає в цьому районі.

До теперішнього часу склалися два види міжнародної еколого-правової відповідальності держав: політична та матеріальна. Поширеною формою відповідальності є санкції (заходи примусового впливу до держави-порушника). Матеріальна відповідальність настає в разі порушення тією чи іншою державою своїх міжнародних зобов’язань, що завдала матеріальної шкоди світовій спільноті або окремим її членам. Є такі різновиди матеріальної відповідальності: репарація (відшкодування екологічного збитку в грошовому вираженні); реституція (повернення в натурі неправомірно вилученого майна) і субституція (заміна неправомірно знищеного або пошкодженого). За міжнародне еколого-правове порушення до держави-порушника серед інших може бути застосована ресторація, тобто відновлення нею колишнього стану будь-якого природного об’єкта, наприклад, якості води, що була забруднена з її вини.

При вирішенні глобальних екологічних проблем особливу функцію повинен виконувати такий міжнародний орган, як Організація Об’єднаних

Націй (ООН). Вона покликана розробити стратегію в сфері екології та охорони природи і стати при цьому координатором її виконання.

У червні 1992 р. в Ріо-де-Жанейро проходила на рівні глав держав і представництв Конференція ООН з навколишнього середовища та розвитку, що стала переломним етапом у міжнародному екологічному русі.

Одним із найголовніших результатів її роботи став висновок: нинішня ринково-споживча модель, що діє в ряді розвинених країн, стрімко веде до загибелі всього людства. Це модель нестійкого розвитку, що характеризується екологічно незбалансованою розробкою і споживанням природно-енергетичних і сировинних ресурсів біосфери, що робить недоцільним рух країн, що розвиваються шляхом, яким прийшли до благополуччя розвинені країни. Отже, проголошена необхідність переходу світової спільноти на рейки стійкого розвитку, що забезпечує баланс між вирішенням соціально-економічних проблем і збереженням навколишнього середовища, задоволенням основних життєвих потреб нинішнього покоління зі збереженням таких можливостей для майбутніх поколінь.

Перехід до нового партнерського типу міжнародних взаємовідносин, до нового характеру виробництва матеріальних благ і їх споживання людство може здійснити тільки в тому випадку, якщо всі верстви населення в усіх країнах усвідомлять життєву необхідність такого переходу і будуть йому всіляко сприяти.

Промисловий та сільськогосподарський розвиток є, як відомо, основою підвищення соціально-економічного рівня життя населення будь-якої країни. Однак у всьому світі промисловість розвивалася без урахування вичерпності багатьох видів не відновлювальних ресурсів і розуміння тієї обставини, що відновлювальні здатності живої природи не безмежні. У той же час значна частина принципово нових технологій і технічних рішень останніх десятиліть створена в процесі грандіозних за своїми масштабами робіт з використанням природних ресурсів. Вирішення ж екологічних питань визнали можливим перекласти на плечі майбутніх поколінь.

Конференція в Ріо-де-Жанейро повинна була запропонувати нову модель розвитку, яка б сприяла в перспективі поєднанню благополуччя всіх, хто живе, та збереженню природного середовища. Але при цьому було чітко сформульовано: забезпечити екологічну безпеку планети в соціально несправедливому світі неможливо. Економічне зростання, що породжує безпрецедентний рівень добробуту населення кількох країн (його іноді називають «золотим мільярдом»), призводить одночасно до ризику і дисбалансів, які в однаковою мірою загрожують і багатим, і бідним. Конференція ООН ухвалила рекомендації про перехід людства до сталого розвитку та визначила три стратегічні завдання, що стоять перед світовим співтовариством.

Перше – обмеження зростання виробництва і споживання в промислово розвинених країнах світу, які є одночасно і головними споживачами природних ресурсів, і джерелами забруднення навколишнього природного середовища. Друге – розумне обмеження зростання населення, особливо в країнах, що розвиваються – Азії та Африки. Третє – запобігання поглибленню нерівності між багатими і бідними країнами та регіонами.

Підсумковим документом зазначеної конференції став «Порядок на XXI століття» – програмний документ, який містить близько 40 розділів за напрямами діяльності світового співтовариства в сфері взаємопов’язаних проблем навколишнього середовища і соціально-економічного розвитку на період до 2000 р. і на довгострокову перспективу з пропозиціями щодо шляхів і засобів досягнення поставлених цілей. При цьому передбачено, що розвинені країни приймають на себе зобов’язання довести частину свого національного продукту, що виділяється на екологічно доцільний розвиток, до 0,7 %. Ті країни, що знаходяться в процесі переходу до ринкової економіки, будуть добровільно брати участь в економічних програмах у міру своїх можливостей.

Економічний розвиток людства і захист навколишнього середовища як сьогодні, так і в майбутньому повинні розглядатися з позицій єдності зазначених стратегічних цілей, а не з позицій конфліктного протистояння.

Внаслідок цього мають виникнути і розвиватися нові форми соціально-економічного розвитку суспільства (екорозвиток), нові механізми відповідної політики (екополітика) побудованої з урахуванням екологічних інтересів людства, що значно більшою мірою забезпечують реалізацію системи цілей суспільного розвитку.

Участь України в міжнародному співробітництві в сфері охорони навколишнього середовища та раціонального використання природних ресурсів проходить у таких напрямах:

1) висування державних ініціатив;

2) робота в міжнародних організаціях;

3) підготовка міжнародних конвенцій і угод та їх подальше виконання;

4) двостороннє співробітництво.

Україна активно співпрацює з ЮНЕП (Програмою ООН з навколишнього середовища) у виробленні стратегії захисту навколишнього середовища від забруднення, створення системи глобального моніторингу, боротьби з опустелюванням. До речі кажучи, ЮНЕП здійснює ключову функцію щодо організації природоохоронної діяльності в рамках ООН.

Україна – активний член Всесвітнього союзу охорони природи, який є лідером у розробленні проблем біорізноманіття (основна умова стійкості біосфери).

Іншими структурами ООН, з якими Україна розвиває активну співпрацю, є: ЮНЕСКО (Комітет ООН з питань освіти, науки та культури), ВООЗ (Всесвітня організація охорони здоров'я), ФАО (орган ООН з продовольства і сільського господарства). З огляду на розвиток атомної енергетики, важливим і плідним є співробітництво нашої країни з МАГАТЕ (Міжнародним агентством з атомної енергії).

Україна розвиває і поглиблює екологічне співробітництво по лінії кількох міжнародних конвенцій та угод:

– Конвенція про транскордонне забруднення на великі відстані. Реалізація зазначеного документа спрямована на вироблення країнами-учасницями

політики в сфері регулювання якості атмосферного повітря, а також заходів з боротьби з його забрудненням за допомогою застосування екологічно прийнятних маловідходних і безвідходних технологій. Все це дозволить встановити контроль за викидами діоксиду сірки, оксиду азоту, аміаку, летких органічних сполук;

– Базельська конвенція про контроль за транскордонним перевезенням небезпечних відходів та їх видаленням покликана регламентувати експорт, імпорт і транзит небезпечних відходів на території України. До теперішнього часу прийнято низку поправок до Конвенції, згідно з якими під заборону на ввезення небезпечних відходів потрапляють відходи, що містять миш'як, ртуть, свинець, азбест та інші речовини;

– Віденська конвенція про охорону озонового шару і Монреальський протокол про речовини, що руйнують озоновий шар. Відповідно до цього документа в Україні відбувається поетапне скорочення виробництва речовин, що руйнують озоновий шар. Передбачається проведення широкомасштабної реконструкції ряду підприємств країни, спрямованої на перехід останніх на виробництво озонобезпечних речовин, що використовуються в медичній, хімічній та холодильній промисловості;

– Рамкова конвенція ООН про зміну клімату та Кіотський протокол до Конвенції. В рамках цієї Конвенції передбачено, що провідні країни світу, відповідальні за основне забруднення природного середовища, беруть на себе зобов'язання знизити викиди тих речовин (зокрема, діоксиду вуглецю), які сприяють зміні глобального клімату. Модернізації економіки України може сприяти використання передбачених Кіотським протоколом ринкових механізмів – торгівлі квотами на викиди парникових газів з перепоступленням квот іншим країнам.

Визнаючи величезну позитивну роль міжнародного екологічного співробітництва у вирішенні проблеми збереження людської цивілізації на переломному етапі її розвитку, слід чітко визначити національні цілі України в сфері екології, до яких, зокрема, належать такі:

1) Забезпечення екологічної безпеки на державному рівні і створення необхідних умов регіональним і місцевим органам державної влади для забезпечення екологічної безпеки на відповідних рівнях. Ця мета повинна бути досягнута мінімізацією групового та індивідуального ризику, обумовленого природними і техногенними причинами, зменшенням напруженості антропогенних екологічних ситуацій, поліпшенням стану здоров'я населення;

2) Забезпечення екологічного суверенітету (незалежності) України за рахунок отримання доступу до світових природних ресурсів, виділення справедливих квот на вилучення тих чи інших природних ресурсів, дбайливого ставлення до національних природних багатств, перегляду тих міжнародних договорів, що ущемляють інтереси країни, а також нейтралізації екологічних агресій, шантажу, погроз та інші;

3) Вихід з економічної кризи і забезпечення ефективності ринкових сил у напрямі захисту і поліпшення якісного стану навколишнього середовища, зокрема шляхом створення ринку екологічних технологій і послуг та ресурсного ринку для обміну природними ресурсами і послугами. При цьому має зрости регулююча роль держави при виконанні екологічних програм.

1.2 Природоохоронне законодавство України

Природоохоронне законодавство – система законів та інших юридичних актів, що регулюють природоохоронні відносини з метою збереження і відтворення природних багатств, раціоналізації природокористування, збереження здоров'я населення.

Закон «Про охорону навколишнього середовища» передбачає систему гарантій екологічної безпеки людини, закріплює право громадян України на безпечне життя і чисте довкілля. Це право реалізується шляхом участі громадян в обговоренні проектів законодавчих актів та інших рішень з охорони навколишнього середовища, раціонального використання природних ресурсів, в об'єднанні у громадські природоохоронні організації, отриманні повністю достовірної інформації про стан навколишнього середовища. Закон надає право

громадянам України звертатися до суду з позовом до підприємств та організацій з відчуження шкоди, завданої здоров'ю внаслідок негативного впливу на навколишнє середовище. Він зобов'язує державні органи надавати всебічну допомогу громадянам у здійсненні природоохоронної діяльності та враховувати їх пропозиції.

Земельний кодекс України регулює охорону і раціональне використання земель.

Водний кодекс України забезпечує правову охорону вод від забруднення і виснаження та регулює порядок їх використання. Водний кодекс встановлює пріоритет питного і побутового водокористування.

Лісовий кодекс України регулює відносини з охорони і відновлення процесів відродження лісів, посилення їх корисних властивостей та підвищення продуктивності, раціонального використання лісів.

Кодекс України про надра регулює забезпечення раціонального, комплексного використання надр для задоволення потреб суспільства в мінеральній сировині, охорони надр, гарантування безпеки людей, майна, навколишнього середовища при користуванні надрами.

Закон України «Про охорону атмосферного повітря» спрямований на збереження здорового стану атмосферного повітря, його відновлення і поліпшення для забезпечення екологічної безпеки людини, а також запобігання шкідливому впливу на навколишнє середовище.

Закон «Про природно-заповідний фонд України» визначає правові основи організації, охорони та використання природно-заповідного фонду, відновлення його природних комплексів і об'єктів. До природно-заповідного фонду належать природні заповідники, біосферні заповідники, національні природні парки, регіональні ландшафтні парки, заказники, пам'ятки природи, заповідні урочища, ботанічні сади, дендрологічні парки.

1.3 Класифікація відходів

Промислові підприємства – це основні об’єкти створеної людиною техносфери. Створення та існування підприємств становить небезпеку для живих організмів уже тим, що руйнуються їх звичні місця проживання. В результаті проведення технологічного процесу природні ресурси (або продукти їх первинної обробки) перетворюється в суспільно корисну продукцію. Недосконалість техніки і технологій призводить до того, що одночасно з цільовим продуктом створюються відходи виробництва у вигляді газоподібних викидів в атмосферу, забруднених стічних вод, твердих речовин (матеріалів). Частково з відходів за допомогою спеціальних технологій можуть бути вилучені корисні компоненти, що використовуються безпосередньо в сфері споживання або надходять на якесь підприємство у вигляді вторинних матеріальних ресурсів. Однак на сучасному рівні розвитку техніки і технологій не вдається уникнути скидання відходів виробництва в біосферу. Розрахунки свідчать, що в середньому до кінцевого продукту, що споживається суспільством, переходить 1–1,5 % від загальної кількості речовин, що втягуються у виробництво. Все інше становлять відходи, які викидаються в біосферу і порушують взаємопов’язані рівноважні процеси в екосистемах. Потрапляючи в атмосферу, гідросферу, літосферу, відходи виробництва і споживання змінюють природний фоновий склад природного навколишнього середовища, тобто забруднюють біосферу.

За хімічною природою відходи – це суміші речовин складного якісного і кількісного складу, що володіють різними фізичними, хімічними, фізико-хімічними властивостями. При потраплянні в біосферу речовини, що входять до складу матеріальних відходів, накопичуються в природних середовищах або хімічно взаємодіють з компонентами атмосфери, гідросфери, літосфери, живими організмами. В результаті накопичення та (або) взаємодії компонент відходів з компонентами біосфери змінюється хімічний склад середовища проживання живих організмів, що викликає їх адаптацію до нових умов або загибель.

З точки зору еколога, відходи виробництва – це матеріальні та енергетичні забруднення біосфери, які можна розділити на три групи, залежно від характеру їх впливу на біоту:

група I – речовини (індивідуальні або суміші), що не утилізуються живими організмами, викликають їх пригнічення і загибель за будь-яких, навіть дуже малих, концентраціях в природних середовищах (токсичні відходи, ксенобіотики);

група II – речовини, що частково утилізуються живими організмами біосфери в певному інтервалі концентрацій, але викликають пригноблення і загибель організмів поза цим інтервалом концентрацій (умовно нетоксичні відходи);

група III – енергетичні відходи, що викликають зміну фізичних параметрів середовища проживання або безпосередньо впливають на живі організми.

1.4 Принципи екологізації техносфери

Протягом тривалого періоду розвитку суспільства питання впливу промислових підприємств на навколишнє середовище і виникнення пов'язаних з цим екологічних небезпек не ставилися. І тільки повсюдне забруднення атмосфери, ґрунту, водойм змусили людство усвідомити необхідність екологізації техносфери. Сьогодні можна говорити про декілька етапів і шляхів переходу до такої техносфери. Серед них найбільш значущі:

– створення систем управління впливом промислових підприємств на навколишнє середовище;

– вдосконалення технологій очищення промислових викидів;

– вдосконалення системи екологічного нормування забруднення;

– створення маловідходних і безвідходних технологій, виробництв, комплексів.

Системи управління включають такі механізми:

– економічні механізми, пов’язані з регіональним плануванням і матеріально-технічним забезпеченням природоохоронної діяльності; встановленням лімітів використання природних ресурсів та лімітів викидів у навколишнє середовище; встановленням розмірів платежів за використання природних ресурсів і забруднення навколишнього середовища; введенням системи економічного стимулювання та пільг за діяльність в сфері охорони навколишнього середовища і раціонального природокористування;

– правові механізми, пов’язані з введенням регіональних екологічних нормативів якості навколишнього середовища, а також введенням системи юридичної відповідальності за порушення природоохоронного законодавства. Розробляється відповідно регіональне природоохоронне законодавство (система нормативних підзаконних актів, що видаються органами місцевого самоврядування та місцевою адміністрацією для регулювання відносин у сфері охорони навколишнього середовища та раціонального природокористування);

– соціальні механізми, що являють собою заходи і засоби, які сприяють розвитку принципів екологічної етики, впровадженню їх у масову свідомість. До завдань соціального регулювання входить екологічна освіта та виховання, формування громадської думки, інформаційне забезпечення в галузі регулювання якості навколишнього середовища.

Один з основних перспективних напрямів екологізації техносфери – створення маловідходних і безвідходних технологій, виробництв, тобто запобігання забрудненням безпосередньо в технологічному циклі замість уловлювання їх на очисних спорудах. За визначенням комісії ЄЕС, «безвідходна технологія (чиста технологія) – це метод виробництва продукції при найбільш раціональному використанні сировини та енергії, що дозволяє одночасно знизити об’єм викидів у навколишнє середовище забруднюючих речовин і кількість відходів, одержуваних при виробництві та експлуатації виготовленого продукту». Сутність безвідходної технології полягає в тому, щоб без зниження продуктивності забезпечити екологічну безпеку промислових підприємств. Безвідходне виробництво розуміють як сукупність технологічних

процесів, що здійснюються в рамках одного підприємства так, що весь обсяг споживаної сировини повністю переноситься на вироблену готову продукцію. Реальність безвідходних технологічних процесів не викликає сумніву, однак кількість їх ще не велика.

Контрольні запитання

1. Наведіть характеристику джерел забруднення навколишнього середовища.

2. На які групи підрозділяються антропогенні забруднення?

3. Основні принципи міжнародного співробітництва в області охорони навколишнього середовища.

4. Охарактеризуйте результати міжнародних конференцій, присвячених питанням екології.

5. Яких міжнародних конвенцій дотримується Україна в питаннях охорони навколишнього середовища?

6. Які закони України регулюють охорону навколишнього середовища?

7. Дайте характеристику відходів виробництва з погляду еколога.

8. Охарактеризуйте принципи екологізації техносфери.

2 ІНЖЕНЕРНО-ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА ПРОЕКТІВ ПІДПРИЄМСТВ

Основною метою експертних оцінок, що мають назву інженерно-екологічна експертиза, є всебічне оцінення впливу підприємства на навколишнє середовище:

– на стадії затвердження проекту;

– при функціонуванні підприємства і при його розширенні;

– при складанні рішення про затвердження або відхилення проекту;

– на стадії визначення можливості подальшого функціонування підприємства;

– при обмеженні обсягу випуску або при припиненні випуску того чи іншого виду продукції;

– при визначенні необхідності установки або застосування нових природоохоронних заходів;

– при модернізації існуючих підприємств.

Інженерно-екологічна експертиза дозволяє встановити найбільш вірогідні екологічні наслідки будівництва, функціонування та розширення підприємства порівняно з бажаним, допустимим станом навколишнього середовища.

Підприємство не повинно наднормативно впливати на навколишнє середовище людини, має не перешкоджати роботі та функціонуванню розташованих поблизу підприємств, не повинно завдавати шкоди здоров’ю населення.

Інженерно-екологічна експертиза полягає в оціненні довготривалого впливу підприємства на природні ресурси, природні умови, умови подальшого розвитку промисловості регіону та умови життя жителів локальної ділянки місцевості.

Відповідно до чинних законодавчих актів інженерно-екологічній експертизі підлягають такі матеріали:

– проекти регіональних комплексних схем охорони навколишнього середовища в містах і промислових центрах (міністерства і відомства за участі місцевих органів управління та територіальних органів контролю природного середовища);

– проекти планування, забудови міст та інших населених пунктів (органи державного санітарного нагляду і територіального контролю за станом навколишнього середовища за участі місцевих органів управління);

– проекти будівництва великих регіональних і міжрегіональних народногосподарських об'єктів, пов'язаних із впливом на навколишнє середовище (міжвідомчі комісії за участі міністерств, відомств і наукових установ);

– технічна документація на нові види сировини, виробів, матеріалів для народного господарства (органи охорони здоров'я спільно з зацікавленими органами нагляду).

Проекти локального рівня (будівництво окремих невеликих підприємств, електростанцій, осушення боліт, меліорація земель та ін.) підлягають галузевій або територіальній експертизі лише в частині розділу «Охорона природи». Метою цієї експертизи є оцінення повноти наданого матеріалу, правильності та точності виконаних обґрунтувань і розрахунків, переконливості прийнятих рішень.

Взагалі інженерно-екологічна експертиза складається з трьох етапів:

– розгляду завдання з проектування об'єкта та результатів пошукових робіт, проведених на місці можливого будівництва. Результатом першого етапу є оцінка вихідних даних, що наводяться в проекті будівництва. При цьому передбачається також оцінка вихідних даних, покладених в основу проекту при розрахунках можливого впливу на навколишнє середовище людини;

– оцінення технологічних рішень, характеристик обладнання та властивостей матеріалів; встановлення можливості їх використання в природних умовах місця будівництва об'єкта;

– оцінення проекту взагалі. При проведенні інженерно-екологічної експертизи проекту найбільш доцільним є наявність двох-трьох альтернативних рішень для можливого об’єкта будівництва. Здійснюється аналіз природоохоронних заходів і засобів щодо відновлення природного середовища за кожним альтернативним рішенням, оцінення їх ефективності.

З метою отримання можливих експертних оцінок в проведенні інженерно-екологічної експертизи беруть участь працівники реконструйованих, діючих подібних підприємств і тих, що будуються, місцеві органи влади і громадські організації, населення району будівництва.

Матеріали екологічних обґрунтувань щодо збереження чистоти навколишнього середовища при будівництві нових підприємств повинні бути достатньо переконливими не тільки для інстанцій і фахівців, які їх затверджують, але і для широких верств населення. В іншому випадку втручання громадськості може призвести до затримки будівництва або навіть до відхилення проектів.

2.1 Екологічна паспортизація підприємств

Екологічна паспортизація була впроваджена з метою оздоровлення екологічної ситуації. Відповідно до Держстандарту 17.0.0.04-90 «Екологічний паспорт промислового підприємства», метою екологічної паспортизації є:

– встановлення кількісних і якісних характеристик природокористування (сировини, палива, енергії), а також кількісних та якісних характеристик забруднення природного середовища викидами, стоками, відходами, випромінюваннями;

– отримання питомих показників природокористування та забруднення навколишнього середовища підприємством, які дозволяють аналізувати технології та оснащення, що використовуються підприємством, порівняно з кращими вітчизняними і зарубіжними зразками, а також відомості про шкоду, заподіяну підприємством.

За результатами екологічної паспортизації підприємств оцінюють вплив

викидів, відходів забруднюючих речовин на навколишнє середовище і здоров'я населення, а також визначають плату за природокористування та плату за забруднення навколишнього середовища; встановлюють підприємству гранично допустимі норми викидів, скидів, відходів забруднюючих речовин, планують природоохоронні заходи та оцінюють їх ефективність; здійснюють експертизу проектів реконструкції підприємств; контролюють і оцінюють рівень дотримання підприємствами законодавства, норм і правил у сфері охорони навколишнього середовища; реалізують заходи щодо підвищення ефективності використання природних ресурсів, енергії та вторинних ресурсів.

При проектуванні нових підприємств або при реконструкції існуючих екологічний паспорт складає проектна організація. Екологічний паспорт погоджують з місцевими органами охорони природи та його відділами (охорони атмосферного повітря, водних ресурсів, земельних ресурсів, рослинного і тваринного світу).

Паспорт затверджує керівник підприємства, який відповідає за його оформлення та достовірність даних, наведених у ньому. Процес екологічної паспортизації безперервний. Вона проводиться періодично при будь-яких змінах технології, під час реконструкції підприємств та при освоєнні нової продукції.

При складанні екологічного паспорта використовують основні показники виробництва, результати інвентаризації викидів забруднюючих речовин в атмосферу, норми гранично допустимих або тимчасово погоджених викидів, дозвіл на природокористування, результати інвентаризації стоків, норми гранично допустимих або тимчасово погоджених стоків, паспорт газоочисного оснащення, паспорт водоочисного обладнання, класифікатори областей, підприємств, статистичні звітні документи (звіти про охорону атмосферного повітря, про використання води, звіт про рекультивацію земель, зняття і використання природоохоронного пласта землі, відомості про інвентаризацію токсичних промислових викидів, що підлягають використанню, знезараженню та захороненню, про утворення і використання вторинної сировини, про

виконання плану перевезення або виробництва продукції, про поточні витрати на охорону та раціональне використання природних ресурсів; журнали обліку роботи котелень, газоочисного і водоочисного обладнання тощо), стандарти в сфері охорони природи та поліпшення використання природних ресурсів та інші нормативно-технічні документи.

Структура і зміст екологічного паспорта: титульний аркуш; загальні відомості про підприємство та його реквізити; стислі природно-кліматичні характеристики району розташування підприємства, опис технології виробництва, відомості про продукцію; балансова схема матеріальних потоків; відомості про використання матеріальних і енергетичних ресурсів, викиди в атмосферу, водоспоживання та водовідведення, відходи; відомості про рекультивацію земель; про транспорт підприємства; про еколого-економічну діяльність підприємства.

Розроблення екологічного паспорта на підприємстві складається з таких етапів:

– призначення робочої групи та видання наказу про складання екологічного паспорта;

– розробки плану роботи групи та розподіл функцій між виконавцями і лінійними підрозділами при його складанні;

– збору нормативно-технічної та звітної документації;

– розробки балансової схеми виробництва, кількісного і якісного аналізу матеріальних потоків, визначення джерел забруднення навколишнього середовища;

– проведення інвентаризації викидів, встановлення гранично допустимих викидів;

– інвентаризації водокористування та водовідведення, а також визначення гранично допустимих скидів;

– інвентаризації природокористування та визначення кількісних показників сировини, матеріалів, енергії за видами продукції і питомих

показників на одиницю продукції, що випускається;

– інвентаризації відходів та визначення кількісних показників відходів за видами продукції і питомих показників на одиницю продукції, що випускається;

– інвентаризації використовуваних земельних ресурсів, що використовуються, та обсягів рекультивації земель;

– заповнення форм екологічного паспорта.

Екологічна паспортизація передбачає:

– складання карти-схеми підприємства з нанесенням на неї джерел забруднення атмосфери, поверхневих вод, місць складування відходів, водозабірників, меж санітарно-захисної зони, транспортних магістралей, зон відпочинку, пам’ятників архітектури, постів спостереження за забрудненням атмосферного повітря і скидів стічних вод ;

– отримання в органах охорони природи метеорологічних характеристик і коефіцієнтів розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері міста (коефіцієнта стратифікації речовин в атмосфері, коефіцієнта рельєфу місцевості, температури зовнішнього повітря, рози вітрів, швидкості вітру);

– отримання в органах Держгідромету або в місцевих органах охорони природи характеристик стану навколишнього середовища за фоновими концентраціями забруднюючих речовин;

– отримання у Водоканалі або в місцевих органах охорони природи характеристик водокористування за якістю води та приймачів стічних вод;

– складання стислої характеристики виробництва з розробленням балансових схем матеріальних потоків із зазначенням видів вихідної сировини і проміжних продуктів (наводяться всі джерела виділення забруднюючих речовин та точки їх контролю);

– визначення даних щодо використання земельних ресурсів за результатами інвентаризації або статистичної звітності. Характеристики використання землі визначають окремо (будівлі та споруди, допоміжні

виробництва, адміністративно-побутові приміщення та майданчики, сховища, звалища, накопичувачі стічних вод, озеленіння, санітарно-захисні зони та інші потреби);

– визначення загальної і питомої витрати сировини та допоміжних матеріальних ресурсів на кожен вид продукції на основі балансових схем матеріальних потоків і статистичних звітів;

– складання відомостей про загальні та питомі витрати енергоресурсів на кожен вид продукції за даними статистичних звітів або інвентаризації.

До екологічного паспорта додають розрахунок гранично допустимих викидів і скидів, в якому наводять характеристики, отримані за результатами інвентаризації та розрахунків викидів в атмосферу. Організованим джерелам забруднення атмосфери присвоюють номери від 0001 до 5999, а неорганізованим – від 6001 до 9999, забруднюючим речовинам привласнюють коди.

Характеристики водоспоживання, водовідведення та очищення стічних вод на підприємстві визначають за даними інвентаризації, розрахунків гранично допустимих викидів і скидів, статистичних звітів. До таблиць додають балансові схеми водоспоживання та водовідведення з посиланням на витрату і втрати води на кожному виробництві протягом години. Разом із загальними показниками водоспоживання розраховують питомі норми водоспоживання та водовідведення на одиницю продукції. Вказують показники складу і властивостей стічної води, температуру, біологічне і хімічне споживання кисню, водневий показник, кількість зважених частинок мінералізацію, токсичність. Наводять характеристики очисних споруд та водооборотних систем, а також характеристики відходів, що утворюються на підприємстві за даними інвентаризації, балансових схем матеріальних потоків, статистичних звітів і даних про полігони та накопичувачі, призначені для за-захоронення (складування) відходів, вказують коди відходів.

Екологічний паспорт затверджується після погодження з органами охорони природи.

За результатами екологічної паспортизації підприємства видається наказ із додатком, в якому подано комплекс природоохоронних заходів на підприємстві.

2.2 Ефективність заходів з охорони довкілля

Природоохоронні заходи полягають у поліпшенні стану навколишнього природного середовища або створенні умов для цього. Ознаками природоохоронних заходів є:

– підвищення екологічності продукції, що випускається;

– скорочення споживання природних ресурсів на одиницю продукції, що випускається, скорочення витрат на здійснення господарської діяльності;

– зниження забруднення природних комплексів викидами, стоками, відходами, фізичними випромінюваннями;

– зниження концентрації шкідливих речовин у викидах, стоках, відходах;

– поліпшення стану середовища існування людей.

Метою заходів з охорони та раціонального використання водних ресурсів є:

– підтримка оптимального стану малих річок, будівництво обладнаних майданчиків, причалів і під'їзних шляхів для вантажно-розвантажувальних робіт;

– ліквідація джерел забруднення підземних вод;

– розроблення та будівництво магістральних колекторів для збирання господарсько-побутових, промислових і зливних стічних вод;

– розроблення та будівництво головних і локальних очисних споруд;

– створення системи оборотного і безстічного водокористування, розроблення пристроїв для збирання і пероблення стічних вод.

Заходами щодо охорони атмосферного повітря є:

– створення газовловлюючих установок і пристроїв для технологічних систем і вентиляції;

– розроблення пристроїв для нейтралізації вихлопів двигунів внутрішнього згоряння;

– створення приладів і пристроїв для контролю забруднення атмосферного повітря;

– впровадження пристроїв для довипалювання та доочищення газів від котелень та інших нагрівальних печей;

– створення пристроїв для утилізації речовин з викидами газів;

– переведення нагрівальних печей і пристроїв на паливо з меншою кількістю шкідливих речовин та ін.

Заходами з охорони та раціонального використання земель передбачається:

– перегляд і будівництво протилавинних, протизсувних, протисельових споруд;

– закладання лісозахисних смуг;

– протиерозійні лісові насадження;

– технічна і біологічна рекультивація земель;

– благоустрій територій та ін.

Обґрунтування та оцінка природоохоронних заходів є основою економічного методу управління охороною навколишнього середовища. Оцінка ефективності природоохоронних заходів здійснюється за соціальними, екологічними, економічними, соціально-економічними, еколого-економічними результатами.

Соціальними результатами природоохоронних заходів є скорочення захворюваності людей, зростання тривалості їх життя, умови життєдіяльності нинішнього та майбутніх поколінь, збереження пам’яток природи та історичних цінностей.

Економічні результати передбачають скорочення збитків, завданих природі, економію витрат природних ресурсів, зниження забруднення навколишнього середовища, зростання продуктивності фауни, підвищення

працездатності людей.

Екологічні результати – це зниження негативних впливів на природу, поліпшення стану флори і фауни, зменшення витрат природних ресурсів.

Соціально-економічні результати оцінюються за комплексними показниками поліпшення рівня життя людей, ефективності суспільного виробництва, зростання національного багатства країни.

Еколого - економічні результати – це зниження витрачання природних ресурсів, зменшення збитків, завданих довкіллю різноманітними забрудненнями.

2. 3 Організаційна і технічна структура систем екологічного моніторингу

Моніторинг – це спостереження або контроль за допомогою технічних засобів.

Екологічний моніторинг – інформаційна система, призначена для спостереження за станом навколишнього середовища, її забрудненням, життєдіяльністю людини.

Ця система є суто інформаційною та не містить жодних аспектів управління. Вона створена на додаток до існуючого геофізичного службового спостереження (за погодою, льодовиками).

Основні напрями діяльності:

1) спостереження за станом навколишнього середовища;

2) формування прогнозу про стан навколишнього середовища;

3) видача інформації до відповідних служб і органів.

Система побудована за ієрархічним принципом:

1 РІВЕНЬ. Станції спостереження або контролю, де здійснюється збір інформації та її попередня обробка з прив’язкою за часом, інвентаризація викидів забруднюючих речовин та їх місця.

2 РІВЕНЬ. Регіональні станції. Суто інформаційні системи (без датчиків), в яких здійснюється аналіз інформації зі станції (1 рівень) і вироблення

короткострокових прогнозів.

3 РІВЕНЬ. Національна система моніторингу. Базується на ряді служб і інститутів, обробляє великі об’єкти інформації та видає довгострокові прогнози (рис. 2.1).

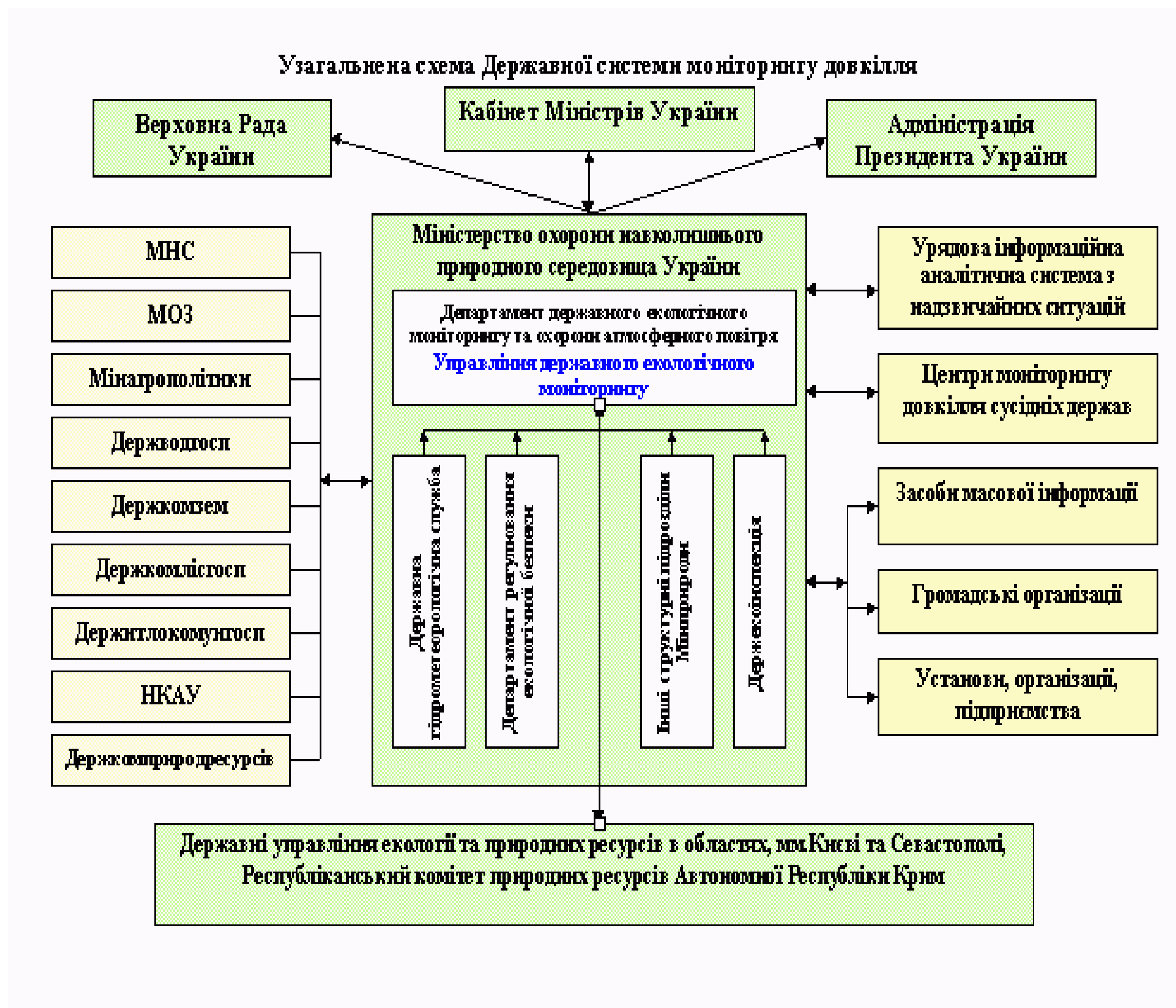


Рисунок 2.1 Система державного моніторингу України

За рівнем терміновості вся інформація, що отримується в системах моніторингу, поділяються так:

1) термінова інформація для негайного використання;

2) оперативна інформація – інформація за місячний період спостережень

із видачею короткострокових прогнозів;

3) стратегічна інформація – це інформація за річний період спостережень з видачею прогнозів на 20–30 років.

Система моніторингу містить ряд підсистем:

1) моніторинг повітря;

2) моніторинг вод суші;

3) моніторинг вод морів та океанів;

4) моніторинг ґрунтів;

5) фоновий моніторинг (біосферні заповідники – контроль або нагляд за станом навколишнього середовища на територіях, що не зазнали урбанізації (50–100 років);

6) моніторинг джерел забруднення.

Всі системи моніторингу реалізуються на базі автоматичних (без участі людини) або автоматизованих (за участю людини) систем контролю забруднення.

Для отримання інформації використовують засоби вимірювальної техніки, до яких належать:

1) вимірювальні перетворювачі;

2) розмір;

3) міра, еталон або стандарт;

Канал зв’язку:

1) кабельні лінії;

2) телефонні лінії (автоматичні телефонні лінії зв’язку);

3) супутниковий зв’язок;

4) радіочастотний зв’язок.

Класифікація автоматичних служб контролю забруднень за призначенням:

1) промислові або виробничі автоматичні служби контролю забруднення навколишнього середовища, які встановлено на підприємствах та які містять датчики з апаратурою для контролю забруднень, а також прилади для

вимірювання температури, тиску, об’єму викидів і скидів;

2) міські автоматичні служби контролю забруднення навколишнього середовища, що включають в себе ряд промислових систем, стаціонарні і рухливі пости спостереження, а також розподілені по території міста;

3) регіональні автоматичні служби контролю забруднення навколишнього середовища, що проводять обробку великих обсягів інформації та видачі рекомендацій і прогнозів на регіональному рівні та оснащені, як правило, потужними багатопроцесорними обчислювальними компонентами;

4)національна автоматична служба контролю забруднення навколишнього середовища, що входить до глобальної системи моніторингу навколишнього середовища.

Вимоги до засобів вимірювання:

1) висока чутливість на рівні гранично допустимих концентрацій;

2) висока вибірковість, що дозволяє розрізняти компоненти з близькими фізичними властивостями. Вибірковість – чутливість до визначеного компонента. Вона має бути набагато більшою від чутливості до невизначених компонентів;

3) високі динамічні характеристики – невеликий час реакції приладу на зміну вимірюваного компонента;

4) невисока вартість одержуваної інформації;

5) високий рівень захисту засобів вимірювання від впливу параметрів навколишнього природного середовища (температура, вологість, прискорення, корозія та ін.).

Ознаки, за якими вибираються шкідливі речовини, що підлягають нормуванню:

а) токсичність – абсолютно низьке значення гранично допустимої концентрації;

б) масовість викидів – вибираються речовини, які мають дуже велику кількість викидів (для атмосфери – CO);

в) кумулятивність – можливість накопичення шкідливих речовин в організмі з плином часу (As – миш’як).

Контрольні запитання

1. Сформулюйте основні цілі інженерно-екологічної експертизи підприємств.

2. Дайте характеристику основних етапів інженерно-екологічної експертизи підприємств.

3. Структура й зміст екологічного паспорта.

4. Основні напрямки діяльності системи екологічного моніторингу України.

3 ПРОМИСЛОВІ ВИКИДИ В АТМОСФЕРУ

Атмосфера Землі – газова оболонка планети, що має складний неоднорідний склад, будову та властивості. Природний склад атмосфери формувався протягом усього тривалого періоду існування планети Земля. При цьому спочатку антропогенний вплив на атмосферу був відсутній повністю або дуже малий. У результаті перебігу складних фізичних, хімічних, біосферних процесів сформувався приземний шар атмосфери практично постійного складу, що включає два види газів: постійні і змінні. До перших належить: азот (близько 78 % за обсягом), кисень (близько 21 %), благородні гази (близько 1 %). Зміст постійних газів практично не залежить від того, в якій точці земної кулі взята проба сухого повітря. До змінних газів належать: водяна пара (до 3%), вуглекислий газ (0,02–0,04 %), озон (близько 6 %). У приземному шарі атмосфери можуть перебувати малі кількості водню, метану, аміаку, СО, оксидів азоту, оксидів сірки, сірководню. Крім різних газів, в атмосфері міститься певна кількість пилу. Сталість природного складу атмосфери обумовлена тим, що вона має здатність до самоочищення від забруднюючих речовин.

Здатність атмосфери до самоочищення має певні межі. Якщо концентрації забруднень перевищать деякі порогові значення, то повне самоочищення атмосфери стане неможливим. Розвиток суспільного виробництва і споживання спричинило збільшення загальної маси викидів газоподібних речовин, парів, аерозолів, що забруднюють атмосферу.

Основними джерелами забруднення атмосфери є транспортні засоби з двигунами внутрішнього згоряння, теплові електричні станції, промислові підприємства. За розрахунками об’єми викидів різних джерел у забруднення атмосфери становлять: забруднені промислові газові викиди – 30 %, автотранспорт – 40 %, теплоенергетика – 30 %. До складу викидів автотранспорту і теплоенергетики входять такі забруднюючі атмосферу речовини, як азот, оксиди азоту, оксид вуглецю, водяна пара, оксид сірки,

вуглеводні, тверді частинки (сажа, сполуки свинцю) та інші речовини. Промислові підприємства викидають в атмосферу велику кількість різних забруднюючих речовин, пилу. Склад промислових викидів в атмосферу дуже різноманітний і визначається технологічним процесом виробництва. У табл. 3.1 наведено склад найбільш значної частини викидів в атмосферу хімічного підприємства, аналогічного за технологічним процесом ВО «Азот».

Таблиця 3.1 – Речовини, що викидаються в атмосферу підприємством хімічної промисловості (ВО «Азот»)

Найменування речовини	Викид забруднюючих речовин в атмосферу	
	г/с	т/р.
Ванадію п’ятиокис (аерозоль)	0,035	0,368
Сода кальцинована (пил)	41,618	952,90
Вапно (аерозоль)	0,695	5,234
Азоту діоксид (газ)	59,097	1296,39
Аміак (газ)	70,060	1585,616
Аміачна селітра (аерозоль)	32,409	357,237
Сірчана кислота (аерозоль)	0,517	14,078
Сірчаний ангідрид (газ)	33,007	517,594
Пил сірки	0,011	0,074
Сірководень (газ)	0,009	0,262
Вуглецю оксид (газ)	1942,96	2442,506
Циклогексан (пара)	38,369	631,915
Бензол (пара)	3,245	43,339
Циклогексанол (пара)	4,917	84,309
Циклогексанон (пара)	6,919	107,893
Карбамід (аерозоль)	28,397	558,760

Численні забруднення атмосфери з різних джерел можна об’єднати в три

групи:

1) аеродисперсні системи, що складаються з твердих або рідких дисперсних частинок, зважених у повітряному середовищі (пил, дим, туман);

2) газоподібні речовини (SO_2, SO_3, H_2S, оксиди азоту, оксиди вуглецю, аміак та ін.);

3) пари речовин (леткі розчинники, вуглеводні та їх галогени, ароматичні вуглеводні та ін.).

3.1 Аеродисперсні системи

Пил утворюється при багатьох технологічних процесах, пов’язаних із подрібненням твердих матеріалів; складається з твердих частинок, що знаходяться в повітрі у підвішеному стані. В інженерній практиці пилом називають також самі тверді пилові частинки, в тому числі осілі або виділені яким-небудь способом у вигляді порошку. Тверді частинки пилу мають різні розміри, неправильну форму. Розміри частинок пилу характеризуються величиною ефективного діаметра, який визначається як діаметр сферичної частинки того самого об’єму, що і частинка пилу. Пил – полідисперсна система, розміри частинок можуть сильно відрізнятися.

Залежно від розмірів, частинки пилу по-різному поводяться в атмосфері. Частинки діаметра понад 75 мкм швидко осідають поблизу джерела викидів. Частинки діаметру 5–75 мкм повільно осідають, можуть переноситися повітряними масами на відносно великі відстані від джерела викидів, межі зони розсіювання залежать від атмосферних умов, а також технічних умов викиду в атмосферу (від висоти труби, температури, швидкості вітру та ін.). Частинки діаметра менше 5 мкм переносяться з повітряними масами на великі відстані від джерела викидів, довгий час можуть залишатися в атмосфері.

Димом називають аерозолі, в яких дисперсною фазою є тверді частинки, а дисперсійним середовищем – атмосферне повітря. Дим може містити деяку кількість рідких аерозольних частинок. Наприклад, при згорянні палива утворюється дим, що містить як тверді частинки, так і дрібні краплі води.

Туманом називають аерозолі з рідкими частинками дисперсної фази, зваженими в дисперсійному середовищі – атмосферному повітрі. Тумани можуть утворитися при конденсації пересичених парів рідин або під час розпилювання рідин, наприклад, за допомогою форсунок. Суміш диму, туману, пари води і газоподібних забруднюючих речовин в атмосфері прийнято позначати терміном «смог».

Для зниження забруднення атмосфери від промислових викидів удосконалюють технологічні процеси, здійснюють герметизацію технологічного обладнання, застосовують пневмотранспорт, будують різні очисні споруди.

Найбільш ефективним напрямом зниження викидів є створення безвідходних технологічних процесів, що передбачають, наприклад, впровадження замкнутих газоподібних потоків, проте до теперішнього часу основним засобом запобігання шкідливих викидів залишається розробка і впровадження ефективних систем очищення газів. Очищенням розуміється як відділення від газу або перетворення в нешкідливий стан забруднюючої речовини, що надходить від промислового джерела.

Для знешкодження аерозолів (пилу і туманів) використовують сухі, мокрі та електричні методи. Крім того, апарати відрізняються як за конструкцією, так і за принципом осадження зважених частинок. В основі роботи сухих апаратів покладено гравітаційні, інерційні і відцентровані механізми осадження або фільтраційні механізми. У мокрих пиловловлювачах здійснюється контакт запилених газів із рідиною. При цьому осадження відбувається на краплі, на поверхні газових пузирів або на плівці рідини. В електрофільтрах відділення заряджених частинок аерозолю відбувається на осаджувальних електродах.

Вибір методу й апарата для уловлювання аерозолів насамперед залежить від дисперсного складу пилових частинок (табл. 3. 2).

Таблиця 3.2 – Апарати для уловлювання аерозолів

Розмір частинок, мкм	Апарати
40–1000	Пилеосаджувальні камери
20–1000	Циклони діаметром 1–2 м
5–1000	Циклони діаметром 1 м
20–100	Скрубери
0,9–100	Тканинні фільтри
0,05–100	Волоконні фільтри
0,01–10	Електрофільтри

Для знешкодження газів, що відходять від газоподібних і пароподібних токсичних речовин, застосовують такі методи: абсорбції (фізична та хемосорбція), адсорбції, каталітичні, термічні, конденсації та ін.

3.2 Основні властивості пилу

Щільність частинок. Розрізняють справжню, насипну і уявну щільність. Насипна щільність (на відміну від справжньої) передбачає повітряний прошарок між частинками пилу. При злежуванні насипна щільність зростає в 1,2−1,5 рази.

Уявна щільність являє собою відношення маси частинок до зайнятого нею об’єму, включаючи пори, пустоти і нерівності. Гладкі монолітні частинки мають щільність, що практично збігається з істинною. Пил, здатний до коагуляції і спікання, знижує уявну щільність по відношенню до істинної.

Дисперсність частинок. Розмір частинок є основним їх параметром. Вибір пиловловлювача визначається дисперсною здатністю вловлювати пил. Частинки промислового пилу мають різну форму (кульки, палички, пластинки, голки, лусочки, волокна та ін.), можуть коагулювати й об’єднуватися в агломерати, тому поняття розміру частинки є умовним. У пиловловленні прийнято характеризувати розмір частинки величиною, що визначає швидкість

її осадження. Такою величиною служить седиментаційний діаметр – діаметр кулі, швидкість осадження і щільність якої дорівнює швидкості осадження і щільності частинки. При цьому сама частинка може мати довільну форму. Пилові частинки різної форми при одній і тій самій масі осідають із різною швидкістю. Чим ближче їх форма до сферичної, тим швидше вони осідають.

Найбільший і найменший розміри частинок характеризують діапазон дисперсності цього пилу. Для характеристики дисперсного складу пилу розбивають всю масу пилинок на деякі фракції, обмежені частинками певного розміру, із зазначенням, яку частинку у відсотках за масою (або за кількістю частинок) вони становлять.

Дисперсний склад пилу зображується у вигляді інтегральних кривих. Більшість промислового пилу підпорядковується нормально-логарифмічному закону розподілу частинок за розмірами.

Адгезійні властивості частинок. Ці властивості частинок визначають їх здатність до злипання. Підвищене злипання частинок може призвести до часткового або повного забивання апаратів.

Чим менший розмір частинок пилу, тим легше вони прилипають до поверхні апарата. Пил, пилинки в якого 60–70 % частинок мають діаметр менше 10 мкм, злипаються, хоча ті самі пилинки з розміром частинок більше 10 мкм мають гарну сипучість.

За можливістю злипання пил поділяють на 4 групи:

1) ті, що не злипаються – сухий шлак, сухий кварц, суха глина;

2) ті, що слабо злипаються – магнезит сухий, апатит сухий, доменна або колошникова летка зола, що містить багато незгорілих продуктів, та сланцева зола;

3) ті, що середньо злипаються – торф'яник, вологий магнезит, металевий, що містить колчедан, оксиди свинцю, цинку та олова; сухий цемент; летка зола без недовипалу; торф'яна зола; сажа, сухе молоко; борошно, тирса;

4) ті, що сильно злипаються – цементний; виділений з вологого повітря;

гіпсовий та алебастровий; містить нітрофоску, подвійний суперфосфат, клінкер, солі натрію; волокнистий (азбест, бавовна).

Зі злипанням тісно пов’язана інша характеристика пилу – сипучість. Сипучість пилу оцінюється за кутом природного укосу, якого набуває пил у свіжонасипаному стані.

Абразивність частинок. Абразивність пилу характеризує інтенсивність зносу металу при швидкостях газів і концентраціях пилу. Вона залежить від твердості, форми, розміру і щільності частинок. Абразивність враховують при розрахунках апаратури (вибір швидкості газу, товщини стінок апаратури і облицювальних матеріалів).

Здатність частинок до змочування. Змочуваність частинок водою впливає на ефективність роботи мокрих пиловловлювачів, особливо при роботі з рециркуляцією. Гладкі частинки змочуються краще, ніж частинки з нерівною поверхнею, оскільки останні більшою мірою виявляються покритими газовою оболонкою, що погіршує змочування.

За характером змочування всі тверді тіла поділяють на 3 основні групи:

1) гідрофільні матеріали – добре змочуються (кварц, більшість силікатів і окиснених мінералів, галогеніди лужних металів);

2) гідрофобні матеріали – погано змочуються (графіт, вугілля, сірка);

3) абсолютно гідрофобні (парафін, тефлон, бітуми).

Гігроскопічність частинок. Здатність пилу вбирати вологу залежить від хімічного складу, розміру, форми і ступеня шорсткості поверхні частинок. Гігроскопічність сприяє уловлюванню частинок в апаратах мокрого типу.

Електрична провідність шару пилу. Цей показник оцінюється за питомим електричним опором шару пилу $\rho_ш$, який залежить від властивостей окремих частинок (від поверхневої і внутрішньої електропровідності, форми і розмірів частинок), а також від структури шару пилу і параметрів газового потоку. Вона має суттєвий вплив на роботу електрофільтрів.

Залежно від питомого електричного опору (ПЕО) пил поділяється на 3 групи:

1) низькоомний пил $\rho_ш < 10^4$ Ом·м. При осадженні на електроді частинки пилу миттєво розряджаються, що може привести до вторинного виносу;

2) пил з $\rho_ш = 10^4 – 10^{10}$ Ом·м. Цей пил добре уловлюється в електрофільтрі, оскільки розрядження частинок відбувається не відразу, а протягом часу, необхідного для накопичення шару;

3) пил з $\rho_ш > 10^{10} – 10^{13}$ Ом·м. Уловлювання пилу цієї групи в електрофільтрах викликає великі труднощі. Частинки пилу цієї групи утворюють на електроді пористий ізолюючий шар.

Електрична зарядженість частинок. Знак заряду частинок залежить від способу їх утворення, хімічного складу, а також від властивостей речовини, з якими вони стикаються. Цей показник впливає на ефективність уловлювання в газоочисних апаратах (мокрих пиловловлювачах, фільтрах та інше), на вибухонебезпечність та адгезійні властивості частинок.

Здатність частинок пилу до самозаймання та утворення вибухонебезпечних сумішей з повітрям. Горючий пил внаслідок сильно розвиненої поверхні контакту частинок з киснем повітря (близько 1 $м^2/г$) здатний до самозаймання та утворення вибухонебезпечних сумішей з повітрям. Інтенсивність вибуху пилу залежить від його хімічних та термічних властивостей, від розмірів і форми частинок, їх концентрації в повітрі, від вмісту вологи та складу газів, розмірів і температури джерела займання та відносного вмісту інертного пилу.

Здатність до займання має деякий пил органічних речовин, що утворюються при переробленні барвників, пластмас, волокон, а також пил металів: магнію, алюмінію і цинку.

Мінімальні вибухонебезпечні концентрації зваженого в повітрі пилу становлять приблизно 20–500 $г/м^3$, а максимальні – 700–800 $г/м^3$. Чим більший вміст кисню в газовій суміші, тим імовірніший вибух та більша його сила. При вмісті кисню менше 16 % пилова хмара не вибухає.

3.3 Параметри відпрацьованих газів

Об'єми димових газів, їх вологовміст, температура, концентрація пилу та інші властивості є основними показниками при варіантному опрацюванні схеми системи пиловловлювання. За цими даними вибирають тип пиловловлювального апарата і потужність димососа, визначають енергетичні показники установки і на базі проведеного підбору обладнання виконують техніко-економічні розрахунки проектованої установки.

Для великих систем пиловловлення виконують два або кілька варіантів методів очищення, при порівнянні яких вибирається оптимальна схема.

При експлуатації установок шляхом інструментального контролю параметрів димових газів забезпечують нормальний режим роботи установок. Наприклад, склад димових газів має значення при проведенні теплотехнічних випробувань пічних агрегатів. Такі випробування дозволяють отримати основні характеристики агрегата, на підставі яких можна визначити оптимальні умови його роботи, що забезпечують максимальну продуктивність.

Потрібно контролювати вологість та вміст оксидів сірки в газах, що очищуються (при спалюванні в печі мазуту), це може викликати суттєве підвищення точки роси порівняно з температурою конденсації чистої водяної пари. При підвищенні точки роси та незмінної робочої температури газів може з'явитися волога або сірчисті сполуки на активних поверхнях пиловловлювальних апаратів і газоходів, що може призвести до їх корозії.

Вміст вологи в газі характеризується таким: концентрацією водяної пари сухого газу (абсолютним вологовмістом газу), концентрацією водяної пари вологого газу при нормальних або робочих умовах, величиною парціального тиску водяної пари.

При проектуванні та експлуатації систем і апаратів пиловловлювання найбільший інтерес становлять відомості про температуру точки роси газів, що підлягають очищенню.

Для цілого ряду технологічних агрегатів силікатного виробництва внаслідок відносно низької температури точки роси газів можна організувати

роботу газових трактів і пиловловлювальних апаратів при температурах, що не перевищують 100 °C. Це має велике значення, оскільки зниження температури помітно зменшує об'єми димових газів, що підлягають знепиленню, а в ряді випадків дозволяє утилізувати теплову енергію.

Крім того, при зниженні температури димових газів збільшується електропровідність пилу і за певних умов ступінь очищення газів в електрофільтрі зростає.

Об'єми димових газів, що відходять з технологічних агрегатів, є одним з основних чинників при виборі типорозміру пиловловлювального апарата. Результати проведених досліджень показали, що в більшості випадків розрахункові кількості димових газів, прийняті в проекті, істотно відрізняються від отриманих в процесі експлуатації. Як правило, вони значно вищі від проектних показників, у результаті чого швидкість газів у пиловловлювальних апаратах перевищує гранично допустиму, що спричиняє небажані наслідки. Об'єми димових газів залежать від багатьох факторів, основними з яких є: склад і ступінь підготовленості випалювальної сировини, вид палива, що застосовується, режим ведення технологічного процесу, кількість додаткового повітря по довжині газового тракту, стан активної зони печі та ін.

Пиловинесення є одним з основних показників при проектуванні й експлуатації систем і апаратів пиловловлення. Цей параметр є визначальним при виборі потужності пиловловлювання та транспортує пил з обладнання (бункерів, насосів, повітряних компресорів та ін.).

Пиловинесення може коливатися залежно від зміни зернового складу сировини, інтенсифікації режиму печі, при зміні виду палива, що спалюється, та інших чинників, які необхідно враховувати в кожному конкретному випадку, особливо при виборі систем пилотранспортування. Необхідно відзначити, що при виробництві тугоплавких неметалевих і силікатних матеріалів в атмосферу виноситься найтонша й, отже, за виробленими затратами найдорожча частина сировинного матеріалу і готового продукту.

Велике винесення пилу в атмосферу призводить, з одного боку, до

погіршення санітарно-технічного стану цехів, заводських територій та розташованих близько населених пунктів, а з іншого – до зниження продуктивності заводу та підвищення вартості готового продукту. Для уловлювання пилу, що міститься в газах, служать пиловловлювачі різних конструкцій. Відповідно до різних дій сил, що діють на частинки пилу з газового потоку, пиловловлювачі поділяються на такі групи.

Пилоосаджувальні камери, через які з більшою або меншою швидкістю пропускаються запилені гази. Пил із газового потоку виділяється тут насамперед під дією сили тяжіння. Ефективна робота пилоосаджувальних камер можлива лише при дуже малих швидкостях руху газового потоку. У зв’язку зі збільшенням потужності окремих робочих машин, а також з інтенсифікацією виробничих процесів камерні пиловловлювачі виконують тепер обмежену і другорядну функцію в осадженні пилу.

Звичайні і батарейні циклони. У цих пиловловлювачах частинки пилу випадають з газового потоку в результаті дії на них відцентрової сили, що виникає при обертальному русі газового потоку. Пиловловлювачі циклонного типу найбільше поширені в промисловості тугоплавких неметалевих і силікатних матеріалів.

Тканинні фільтри. Їх дія заснована на здатності паперової, вовняної або будь-якої іншої тканини пропускати через свої пори повітря або газ і затримувати частинки пилу.

Електрофільтри, принцип дії яких заснований на тому, що під впливом електричного поля високої напруги, створюваного між електродами, в потоці газу утворюються іони й електрони, що надають пилинкам, зваженим у газах, електричного заряду. Заряджені пилинки рушають до електродів і осідають на них. Знепилений газ виходить з електрофільтра, а осілий на електродах пил струшується в бункер.

Інерційні (жалюзійні) пиловловлювачі, в яких пил осідає під дією сил інерції при різкій зміні напрямку руху газів.

Відцентрові пиловловлювачі ротаційної дії призначені для виділення з

газових потоків грубих фракцій пилу за допомогою відцентрової сили.

Комбіновані пиловловлювачі являють собою кілька (в більшості випадків два) послідовно з'єднаних апаратів, наприклад циклон і тканинний фільтр, циклон та електрофільтр. Застосування комбінованих пиловловлювачів дозволяє підвищити ступінь очищення газу і шляхом виділення з газового потоку грубих частинок пилу першим, простим за улаштуванням пиловловлювачем, зберегти на тривалий період роботи без ремонту другий, більш складний і дорогий пиловловлювач, призначений для осадження з газів тонкого пилу.

На заводах використовуються пиловловлювачі всіх перерахованих груп, крім жалюзійних і відцентрових ротаційної дії. Пиловловлювачі цих видів не застосовуються тут через неможливість оточувати дрібні фракції пилу і швидке стирання елементів, з яких складені їх решітки або лопаті коліс, швидкорухомих частин.

Крім зазначених пиловловлювачів, що працюють за сухим способом, у промисловості застосовують і мокрі пиловловлювачі: порожнистий (безнасадочний) скрубер, скрубери з насадкою, барботери і відцентрові скрубери.

У порожнистих скруберах, що являють собою вертикальні посудини циліндричної форми, запилений газовий потік при русі через внутрішню порожнину посудини зустрічає на своєму шляху дрібно розпорошену воду, що вводиться в посудину через форсунки під тиском. Гази тут не тільки очищаються від пилу, але й одночасно охолоджуються в результаті втрати тепла на пароутворення. Щоб збільшити площу зіткнення газів з водою, внутрішню поверхню скрубера наповнюють іноді кусковим матеріалом (коксом, кварцитом, керамічними кільцями та ін.). Пиловловлювачі такої конструкції називаються скруберами з насадкою.

Для знепилювання й одночасного охолодження газовий потік може простягатися також через тонкий шар води. За тиким принципом працюють установки, що називаються *барботерами*.

До мокрих пиловловлювачів, як уже було зазначено, належать відцентрові скрубери, що за своєю конструкцією схожі зі звичайними циклонами і працюють за одним з ними принципом.

Останнім часом прагнуть використовувати для уловлювання пилу з газового потоку високочастотні звукові коливання, під дією яких дрібні частинки пилу злипаються, утворюючи більші, що уловлюються потім у механічних або електричних пиловловлювачах. Пиловловлювачі, що діють за цим принципом, називаються *ультразвуковими* і знаходяться поки в стадії випробування і вдосконалення.

Пиловловлювачі працюють під тиском або розрідженням. Оскільки при роботі їх під тиском вентилятор розташований перед пиловловлювачем, то весь пил, що міститься в газовому потоці, проходить через внутрішню порожнину вентилятора, швидко зношуючи лопаті його робочого колеса. Це негативне явище при використанні пиловловлювачів виключається, якщо вони працюють під розрідженням. У цьому випадку вентилятор розташовується за пиловловлювачем, і, отже, через нього проходить не запилений, а вже очищений газовий потік.

При виборі способу роботи пиловловлювачів беруть до уваги таке:

1) при роботі установки під розрідженням відбувається засмоктування в неї повітря ззовні, зростає загальний об’єм газів і перевантажується вентилятор, але виключається можливість виходу газів назовні і забруднення ними повітря;

2) робота пиловловлювача під тиском небезпечна, коли він встановлюється в закритому приміщенні і газовий потік, що очищається від пилу, містить складові, шкідливі для здоров’я людей.

Вибір місця установки вентилятора і, отже, способу роботи пиловловлювача (під розрідженням або тиском) виробляють шляхом зіставлення позитивних і негативних чинників кожного способу, беручи до уваги продуктивність установки, ступінь запиленості газів, хімічний склад і величину площадки, призначеної для розкладання на ній елементів установки.

Контрольні запитання

1. Охарактеризуйте основні групи забруднень атмосфери.

2. Дайте характеристику аеродисперсних систем.

3. Що відноситься до основних властивостей пилу.

4. Параметри димових газів.

5. Основні апарати, що застосовують для очищення газів від пилу.

6. Приведіть приклади твердих, рідких і газоподібних відходів силікатного виробництва, що найбільш часто зустрічаються.

4 МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ ГАЗОВИХ ВИКИДІВ ВІД ПИЛУ. СУХІ ПИЛОВЛОВЛЮВАЛЬНІ АПАРАТИ

Аерозолі повітряних викидів промислових підприємств характеризуються великою різноманітністю дисперсного складу та інших фізико-хімічних властивостей. У зв'язку з цим розроблено різні методи очищення та типи пиловловлювачів – апаратів, які призначено для очищення викидів від пилу (та інших аерозолів).

Методи очищення промислових газових викидів від пилу можна розділити на дві групи: методи уловлювання пилу «сухим» способом і методи уловлювання пилу «мокрим» способом. Апарати знепилювання газів включають: пилоосаджувальні камери, циклони, пористі фільтри, електрофільтри, скрубери та ін.

Сухі механічні знепилювальні апарати. До таких апаратів належать: пилоосаджувальні камери, циклони, пористі фільтри. Застосування того чи іншого апарату обумовлюється властивостями і групою дисперсності пилу:

I – дуже крупнодисперсний пил, d_{50} > 140 мкм;

II – крупнодисперсний пил, d_{50} = 40–140 мкм;

III – середньодисперсний пил, d_{50} = 10–40 мкм;

IV – дрібнодисперсний пил, d_{50} = 1–10 мкм;

V – дуже дрібнодисперсний пил, d_{50} < 1 мкм,

де d_{50} – середнє значення ефективного діаметра 50 частинок пилу.

Пилоосаджувальні камери і циклони великої пропускної здатності застосовують для уловлювання пилу першої та другої груп (крупнодисперсного), тканинні фільтри – для уловлювання пилу третьої і четвертої груп (середньо- та дрібнодисперсного), електрофільтри ефективні для уловлювання пилу п'ятої групи (дуже дрібнодисперсного).

Пилоосаджувальні камери. Апарати цього типу являє собою порожнистий або з горизонтальними полицями у внутрішній порожнині короб, у нижній частині якого є бункер для збирання пилу (рис. 4.1).

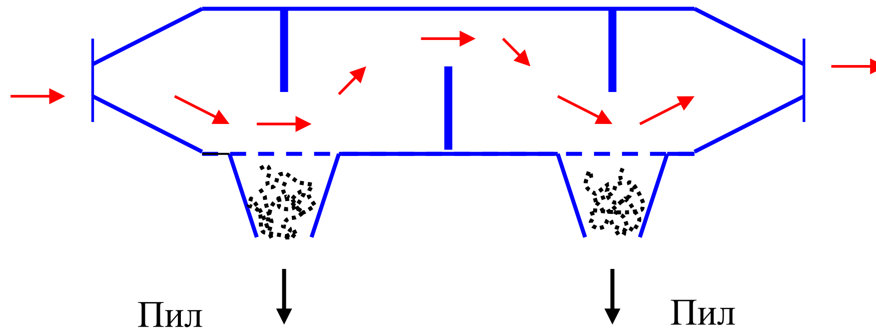


Рисунок 4.1 Пилоосаджувальна камера

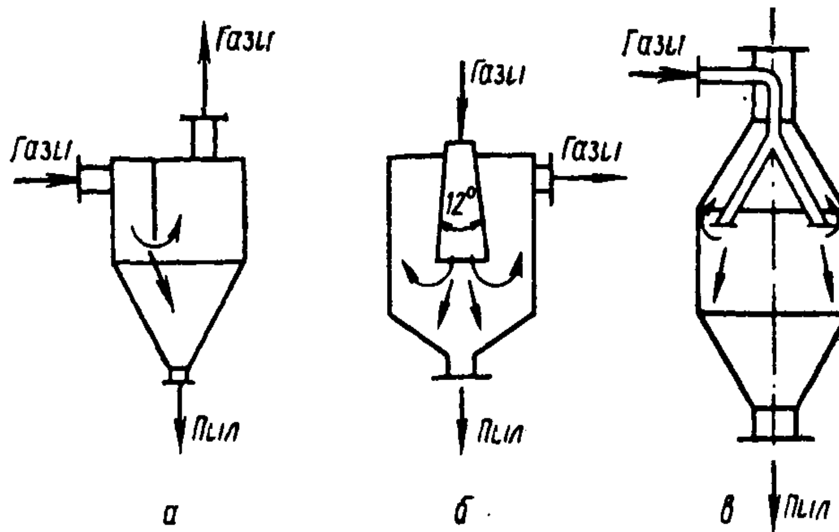
Потік запиленого газу вводиться в камеру через отвір порівняно невеликого діаметра, але при цьому газ повинен повністю заповнювати поперечний переріз камери. Для дотримання цієї умови в конструкції камери передбачаються спеціальні пристрої (полиці, перегородки).

Забруднений пилом газ пропу скається через камеру зі швидкістю 0,2–1,5 м/с, частинки пилу осідають під дією сили тяжіння в нижній частині апарата. Ступінь очищення газу в камерах не перевищує 40–50 %. Знепилений газ виводиться з камери і далі або викидається в атмосферу, або подається в інші апарати для більш глибокого очищення.

В інерційних пиловловлювачах для зміни напрямку руху газів встановлюють перегородки (рис. 4. 2). При цьому поряд із силою тяжіння діють і сили інерції. Пилові частинки, прагнучи зберегти напрямок руху після зміни напрямку руху потоку газів, осідають у бункері. Газ в інерційному апараті надходить зі швидкістю 5–15 м/с. Ці апарати відрізняються від звичайних пилоосаджувальних камер великим опором і високим ступенем очищення газу.

Велику увагу при проектуванні пневмотранспортних та інших пристроїв

пилеочищення необхідно приділяти вузлам відділення матеріалу від транспортованого повітря – розвантажувальним і пиловловлювальним пристроям (циклонам, фільтрам та ін.).



а – камера з перегородкою; б – камера що розширюється конусом; в – камера з заглибленим бункером.

Рисунок 4.2 Інерційні пиловловлювачі з різними способами подачі і розподілу газового потоку:

Залежно від способу відділення матеріалу в системах пневмотранспорту використовують об’ємні розвантажувальні пристрої і відцентрові циклони.

Циклони різних типів набули широкого застосування для сухого очищення газів. Це механічні знепилювальні пристрої, в яких очищення газу засновано на використанні інерційних властивостей частинок пилу. Циклони є найбільш характерними представниками сухих інерційних пиловловлювачів. Вони, як правило, мають просту конструкцію, велику пропускну здатність та не складні в експлуатації.

Циклонні апарати мають такі переваги:

1) відсутність рухомих частин в апараті;

2) надійність роботи при температурах газів аж до 500 ºС (для роботи при більш високих температурах циклони виготовляють із спеціальних матеріалів);

3) можливість уловлювання абразивних матеріалів при захисті внутрішніх поверхонь циклонів спеціальними покриттями;

4) уловлювання пилу в сухому вигляді;

5) майже постійний гідравлічний опір апарата;

6) успішну роботу при високому тиску газів;

7) простоту виготовлення;

8) збереження високої фракційної ефективності очищення при збільшенні запиленості газів.

Недоліки:

1) високий гідравлічний опір 1250–1500 Па;

2) погане уловлювання частинок розміром менше 5 мкм;

3) неможливість використання для очищення газів від липких забруднень.

За способом підведення газів у апарат циклони поділяють так: зі спіральним, тангенціальним, гвинтоподібним, а також осьовим підведенням.

Найкращим за формою з точки зору аеродинаміки є підведення по спіралі. Однак на практиці всі способи підведення можуть використовуватися рівною мірою.

Принцип роботи циклона. Газ обертається усередині циклона, рухаючись зверху вниз, а потім рухається уверх. При обертальному русі газу вниз частинки пилу відкидаються відцентровою силою до стінки. Зазвичай у циклонах відцентрове прискорення в кілька сотень, а то і тисячу разів більше за прискорення сили тяжіння, тому навіть дуже маленькі частинки пилу не можуть слідувати за газом, а під впливом відцентрової сили рухаються до стінки.

Ефективність уловлювання частинок пилу в циклоні η прямо пропорційна швидкості газів у ступені 1/2 і обернено пропорційна діаметру апарата також у ступені 1/2.

Процес доцільно вести при великих швидкостях газового потоку і невеликих діаметрах циклона. Однак збільшення швидкості газу може призвести до винесення пилу з циклона і різкого збільшення гідравлічного

опору. Тому доцільно збільшувати ефективність циклона за рахунок зменшення діаметра апарата, а не за рахунок зростання швидкості газів. Оптимальне співвідношення H/D = 2/3.

У промисловості прийнято розділяти циклони на високоефективні і високопродуктивні. Перші ефективні, але потребують великих витрат на здійснення процесу очищення, циклони другого типу мають невеликий гідравлічний опір, але гірше уловлюють дрібні частинки.

Загальна схема однієї з конструкцій циклона наведена на рис. 4.3.



Рисунок 4.3 Циклон. Загальна схема

Запилене повітря вводиться тангенціально у верхню частину циклона. Тут формується обертовий потік, який потім опускається по кільцевому простору, утвореному циліндричною частиною циклона і вихлопною трубою. Продовжуючи обертатися, повітряний потік виходить з циклона через вихлопну трубу. Відділення забруднень відбувається наступним чином. При вході в циклон частинки дисперсної фази по інерції рухаються прямолінійно. Потім відцентрові сили викривляють траєкторію їх руху. Ті з частинок, маса яких досить велика, досягають стінок циклона, під дією сили тяжіння опускаються в нижню частину апарата, далі через пиловипускний отвір проходять у бункер, де й осідають.

Для очищення великих об’ємів повітря циклони можуть компонуватись у групи, об’єднані загальним пилозбірником і колектором очищеного повітря.

Циклони рекомендується використовувати для попереднього очищення газів і встановлювати їх перед високоефективними апаратами очищення (наприклад, фільтрами або електрофільтрами).

Тканинні фільтри мають найбільше поширення. Ступінь очищення газів у них при дотриманні правил технічної експлуатації досягає 99,9 %. Можливості їх використання розширюються у зв’язку зі створенням нових температуростійких та стійких до впливу агресивних газів тканин. Найбільшого поширення набули рукавні фільтри.

Класифікація рукавних фільтрів можлива за такими ознаками:

– формою фільтрувальних елементів (рукавні, плоскі, клинові та ін.), наявністю в них опорних пристроїв (каркасні, рамні);

– місцем розташування вентилятора щодо фільтра (всмоктувальні, що працюють під розрідженням, і нагнітальні, що працюють під тиском);

– способом регенерації тканини (збовтувальні, зі зворотним продуванням, з імпульсним продуванням та ін.);

– наявністю та формою корпусу для розміщення тканини – прямокутні, циліндричні, відкриті (безкамерні);

– кількістю секцій в установці (однокамерні і багатокамерні);

– видом використовуваної тканини (наприклад, склотканинні).

Корпус фільтра являє собою металеву шафу, розділену вертикальними перегородками на секції, в кожній з яких розміщена група фільтрувальних рукавів. Верхні кінці рукавів заглушені і підвішені до рами, з'єднаної зі струшувальним механізмом. Внизу є бункер для пилу зі шнеком для його вивантаження. Струшування рукавів у кожній із секцій проводиться по черзі.

Нагнітальний рукавний фільтр працює так. Повітря під тиском надходить у верхню розподільну коробку і потім – тканинні вертикальні рукава. Пройшовши через рукава і залишивши на їх внутрішній поверхні пил, очищене повітря виходить в атмосферу (приміщення). Рухома рама з дротяною сіткою при підніманні та опусканні стискає рукава в поперечному перерізі, завдяки чому пил скидається в мішок і видаляється гвинтовим конвеєром. Недоліком таких фільтрів є незадовільне очищення фільтрувальної тканини, в результаті чого значно зростає опір фільтра і знижується його ККД.

Найбільшого поширення набув усмоктувальний рукавний фільтр, що складається з ряду рукавів, укладених у герметично закритий корпус. Повітря, що підлягає очищенню, подається через нижню приймальню в рукава, заглушені зверху, проникає крізь тканину рукавів і видаляється з корпусу через канал. Рукава фільтра очищаються від пилу за допомогою спеціального струшувального механізму. Недоліком всмоктувальних фільтрів є значне підсмоктування повітря через нещільності (10–15 % від об'єму, що надходить на очищення повітря).

У тканинних фільтрах застосовують фільтрувальні матеріали двох типів: звичайні тканини з саржевим переплетенням, що виготовляються на ткацьких верстатах, і повсть, що одержується шляхом звалювання або механічного розрідження волокон голкопробивним методом. У типових фільтрувальних тканинах розмір наскрізних пір між нитками досягає 100–200 мкм.

До тканин висуваються такі вимоги:

1) висока пиломісткість при фільтруванні і здатність утримувати після регенерації таку кількість пилу, якої достатньо для забезпечення високої

ефективності очищення газів від тонкодисперсних твердих частинок;

2) збереження оптимально високої повітропроникності в рівноважно-запиленому стані;

3) висока механічна міцність і стійкість до стирання при багатократних вигинах, стабільність розмірів і властивостей при підвищеній температурі й агресивному впливі хімічних домішок, що знаходяться в сухих і насичених вологою газах;

4) здатність до легкого видалення накопиченого пилу;

5) низька вартість.

Існуючі тканини володіють не всіма зазначеними властивостями, тому їх вибирають залежно від конкретних умов очищення. Наприклад, бавовняні тканини мають хороші фільтрувальні властивості і низьку вартість, але володіють недостатньою хімічною і термічною стійкістю, високою горючістю і вологомісткістю. Вовняні тканини характеризуються високою повітропроникністю, забезпечують надійне очищення і регенерацію, але стійкість до кислих газів, особливо до SO_2 та туману сірчаної кислоти, низька. Вартість їх вища за бавовняні. При тривалому впливі високої температури волокна стають крихкими. Температурі газів при якій працюють такі фільтри до 90 ºС.

Синтетичні матеріали витісняють матеріали з бавовни і шерсті завдяки більш високій міцності, стійкості до підвищених температур і агресивних дій, більш низькій вартості. Серед них нітронові тканини, що використовують при температурі 120‒130 °С у хімічній промисловості та кольоровій металургії. Лавсанові тканини використовуються для очищення гарячих сухих газів у цементній, металургійній та хімічній промисловості. У кислих середовищах стійкість їх висока, в лужних ‒ різко знижується.

Скляні тканини стійкі при температурі 150–350 °С. Їх виготовляють із алюмоборосилікатного безлужного або магнезіального скла.

Аеродинамічні властивості чистих фільтрувальних тканин характеризуються повітропроникністю ‒ витратою повітря при певному

перепаді тиску. Опір незапилених тканин при робочих навантаженнях 0,3–2,0 $м^3/(м^2 \cdot хв)$ зазвичай становить 5–40 Па. У міру запилення аеродинамічний опір тканини зростає, а витрата газу через фільтр зменшується. Фільтрувальні тканини регенерують шляхом продування в зворотному напрямку, механічного струшування або іншими методами. Після декількох циклів фільтрації-регенерації залишкова кількість пилу в тканині стабілізується; вона відповідає так званому рівноважному вмісту пилу у тканині і залишковому опору рівноважно-запиленої тканини. Значення цих величин залежать від типу фільтрувального матеріалу, розмірів і властивостей пилових частинок, відносної вологості газів, методу регенерації та інших факторів.

Вважається, що тканинний фільтр експлуатується правильно за таких умов:

а) температура запилених газів при вході в фільтр підтримується постійною;

б) подача необхідного для продування повітря в секції проводиться під тиском 1,3–1,5 кПа, щоб тканина могла добре очищатися від осілого на неї пилу, причому повітря, що подається для продування, перед надходженням у фільтр підігрівається приблизно до температури запиленого газового потоку;

в) газовий потік у фільтр подається рівномірно, та забезпечуються постійні швидкісті його проходження через тканину;

г) проводиться спостереження за станом рукавів і відразу усуваються дрібні несправності;

д) зношені рукава своєчасно замінюються (комплектно) новими.

Зернисті фільтри. Для очищення газів фільтрувальні шари, що складаються із зерен сферичної або іншої форм, застосовуються значно рідше, ніж волокнисті матеріали. Переваги зернистих фільтрів: можливість роботи при температурі 500–800 °С і в умовах агресивного середовища, здатність витримувати високі механічні навантаження і перепади тиску, а також різкі зміни температур.

Розрізняють такі типи зернистих фільтрів:

– зернисті насадкові (насипні) фільтри, в яких уловлюють елементи (гранули, шматки та ін.), не пов’язані жорстко між собою. До цих фільтрів належать статичні (нерухомі) шарові фільтри з гравітаційним переміщенням сипучого середовища;

– жорсткі пористі фільтри, в яких зерна міцно пов’язані один з одним у результаті спікання, пресування або склеювання та утворюють міцну нерухому систему. До цих фільтрів належать: пориста кераміка, пористі метали, пластмаси та ін.

До недоліків жорстких фільтрів слід віднести високу вартість, великий гідравлічний опір та труднощі здійснення багатократної регенерації, що істотно скорочує термін їх служби.

Жорсткі пористі елементи можуть регенеруватися такими методами:

– продуванням повітря або газу в напрямку, протилежному робочому потоку;

– пропусканням рідких розчинів у зворотному напрямку руху газів;

–пропусканням гарячої пари або струменя гарячих газів для випалювання смолистих домішок;

– простукуванням або вібрацією.

Труднощі регенерації жорстких фільтрів спричинені глибоким проникненням високодисперсних частинок у пори при повному видаленні шару пилу з поверхні, при цьому залишковий опір безперервно збільшується, і періодично виникає необхідність демонтажу елементів для більш глибокого промивання або очищення іншими способами.

Фільтри застосовуються для фільтрації стислих газів при високому перепаді тисків і при температурі 300–500 °С.

Як керамічні вироби для фільтрів використовують патрони, пластини, диски, одержані спіканням відсортованих зерен шамоту, кварцового піску, азбесту та інших природних мінералів. Керамічні пористі вироби дуже крихкі і застосовуються для очищення технологічних газів всередині апаратів.

Металокерамічні фільтри виготовляють із металевих порошків (бронзи, сталі, нікелю, титану, алюмінію та ін.) методом пресування або прокаткою з наступним спіканням при температурі 800–1300 °С, застосовують для виділення з гарячих газових потоків цінних пилоподібних продуктів, в енергетичних ядерних реакторах для очищення CO_2.

Зернисті насипні фільтри. Як насадки в насипних фільтрах використовують пісок, гальку, шлак, подрібнені гірські породи, деревну тирсу, кокс, крихту гуми, пластмас, графіту та інші матеріали (рис. 4. 4).

Вибір матеріалів для насадок обумовлюється умовами їх експлуатації: керамічною та хімічною стійкістю, механічною міцністю, доступністю.

Фільтрувальні зернисті шари використовують для очищення газів від крупнодисперсних частинок забруднень. Для очищення газів від пилу механічного походження (від дробарок, сушарок, млинів) часто використовують фільтри з гравію. Широко застосовуються природні і сировинні матеріали, різні відходи виробництва.

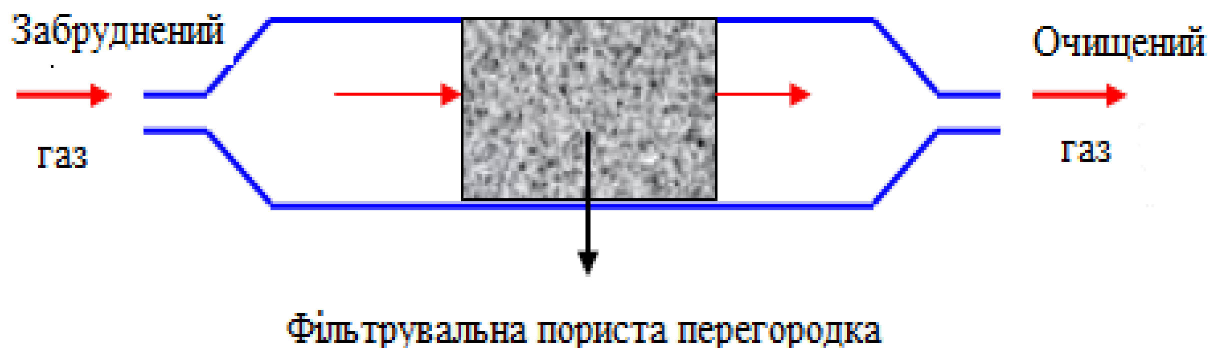


Рисунок 4.4 – Схема фільтра з пористим фільтрувальним елементом

В основі роботи пористих фільтрів всіх видів лежить процес фільтрації газу через пористу перегородку, в ході якого тверді частинки затримуються, а газ повністю проходить крізь неї.

Фільтрувальні перегородки досить різноманітні за своєю структурою, але

здебільшого вони складаються з волокнистих або зернистих елементів і умовно поділяються на такі типи:

– гнучкі пористі перегородки – тканинні матеріали з природних, синтетичних або мінеральних волокон; неткані волокнисті матеріали (повсть, клеєні та голкопробивні матеріали, папір, картон, волокнисті мати); пористі листи (губчаста гума, пінополіуретан, мембранні фільтри);

– напівтверді пористі матеріали – шари волокон, стружка, в'язані сітки, розташовані на упорних пристроях або затиснуті між ними;

– жорсткі пористі перегородки – зернисті матеріали (пориста кераміка або пластмаса, спечені або спресовані порошки металів, пористі стекла, вуглеграфітові матеріали та ін.); волокнисті матеріали (сформовані шари зі скляних і металевих волокон); металеві сітки і перфоровані листи.

В процесі очищення запиленого газу частинки наближаються до волокон або до поверхні зерен матеріалу, стикаються з ними й осідають насамперед у результаті сил інерції та електростатичного тяжіння.

Проходячи через систему фільтрів – перегородку, потік розділяється на тонкі струминки, що безперервно роз'єднуються та змикаються. Частинки, володіючи інерцією, прагнуть переміщатися прямолінійно, стикаються з волокнами, зернами і утримуються ними. Такий механізм характерний для захоплення великих частинок і проявляється сильніше при збільшенні швидкості фільтрації. Електростатичний механізм захоплення пилинок виявляється в тому випадку, коли волокна несуть заряди, поляризовані зовнішнім електричним полем.

У фільтрах уловлені частинки накопичуються в порах або утворюють пиловий шар на поверхні перегородки, таким чином вони самі стають частиною фільтрувального середовища. У міру накопичення пилу пористість перегородки зменшується, а опір зростає. Тому виникає необхідність видалення пилу і регенерації фільтра.

Залежно від призначення і величини вхідної та вихідної концентрації фільтри умовно поділяють на три класи:

– фільтри тонкого очищення (високоефективні або абсолютні фільтри), призначені для уловлювання з дуже високою ефективністю (> 99 %) переважно субмікронних частинок з промислових газів із низькою вхідною концентрацією (<1 мг/м^3) і швидкістю фільтрування <10 см/с. Фільтри застосовують для уловлювання особливо токсичних частинок, а також для ультратонкого очищення повітря при проведенні деяких технологічних процесів, що не допускають присутності пилу. Фільтри тонкого очищення не зазнають регенерації;

– повітряні фільтри, що використовують у системах припливної вентиляції і кондиціювання повітря. Працюють при концентрації пилу менше 50 мг/м^3, при високій швидкості фільтрації – до 2,5–3,0 м/с. Фільтри можуть бути такими, що не регенеруються, та регенерованими;

– промислові фільтри (тканинні, зернисті, грубоволокнисті), що застосовуються для очищення промислових газів із концентрацією пилу до 60 г/м^3. Такі фільтри регенеруються.

Електрофільтри. В основі роботи електрофільтра лежить явище електризації зважених у газі частинок дисперсної фази з наступним осадженням їх на електроді з зарядом, протилежним за знаком заряду частинок забруднень (осаджувального електрода).

Електрофільтр складається з двох частин: пилоосаджувальної камери з електродами, через яку проходить газ, що підлягає очищенню, і високовольтної апаратури, що перетворює змінний струм напругою 220–380–500 В, в постійний струм високої напруги (до 78 000 В), що надходить потім до коронувальних електродів.

Високовольтна апаратура електрофільтрів різних конструкцій принципово однакова. Пристрій осаджувальної камери та електродів залежить від складу газу, що підлягає очищенню, його температури, тиску, запиленості, розміру пилинок і необхідного ступеня очищення. За конструкцією електрофільтри поділяють на трубчасті і пластинчасті. Сутність дії електрофільтрів цих типів однакова і полягає в такому. Якщо в сталеву трубу,

приєднану до позитивного потенціалу джерела електричної енергії, внести тонкий металевий дріт, з'єднаний з негативним потенціалом, то повітря, що укладається в трубі, отримає електричний заряд, в ньому створиться неоднорідне електричне поле постійного напрямку і високої напруженості.

Іони, що утворюються під дією електричного поля, рухаються зі швидкістю, яка залежить від ступеня напруженості поля. Позитивні і негативні іони найбільш інтенсивно утворюються близько до дроту, оскільки тут електричне поле має найбільшу напруженість.

Якщо в коло установки увімкнути міліамперметр, то він визначить певну силу струму, тобто наявність стабільного (неіскрового) електричного розряду. Такий електричний розряд називається коронним.

Коли запилений газ проходить через внутрішню порожнину труби, порошинки абсорбують іони і набувають негативний заряд. Після цього вони змінюють напрямок і рухаються перпендикулярно до газового потоку, тобто до позитивно зарядженої стінки труби. Ця позитивно заражена труба називається осаджувальним електродом, а підвішений до неї провід, з'єднаний з негативним потенціалом електричного струму, коронуючим електродом (рис. 6).

Для виготовлення коронувальних електродів для електрофільтрів використовують ніхромовий або фехралевий дріт діаметром 2 мм. Коронувальні електроди кріпляться до рам, що об'єднує їх в одну систему, і підвішуються в просторі між осаджувальними електродами (сталевими трубами або пластинами).

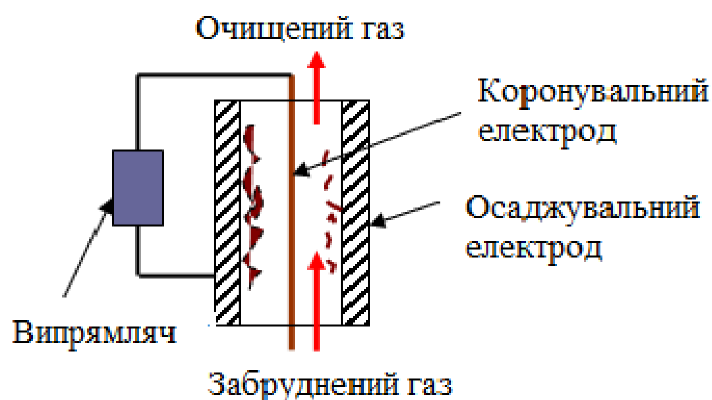


Рисунок 4.5 – Схема елемента трубчастого електрофільтра

При зіткненні з позитивно зарядженим осаджувальним електродом пилинки віддають йому свій електричний заряд і під дією механічної сили зчеплення утримуються на поверхні електрода. Оскільки величина цієї сили незначна, то при легкому струшуванні електрода, що здійснюється за допомогою спеціальних струшувальних пристроїв, пилинки відриваються від нього і падають вниз. Сила зчеплення пилинок із поверхнею електрода залежить від їх фізичних властивостей, швидкості руху запиленого потоку, його вологості і температури, а також від стану поверхні осаджувального електрода і режиму роботи всієї установки. Тверді частинки, що мають хорошу провідність, швидко віддають свій заряд осаджувальному електроду і слабо утримуються на його поверхні. Частинки ж, що погано проводять електричний струм, навпаки, стійко тримаються на осаджувальному електроді, тому на ньому утворюється надмірно товстий шар, його електропровідність зменшується, і знижується електропровідність електричного поля.

Пилинки, що отримали позитивний заряд, осідають на коронувальних електродах, тому струшувальні пристрої установлюють не тільки для осаджувальних, але і для коронувальних електродів. Діаметр труби електрофільтрів зазвичай становить 20–25 см, швидкість руху газу в трубці становить 0,5–2 м/с. Зі зростанням швидкості руху газу пиловловлювальна здатність електрофільтра знижується. Газ знаходиться в трубці 6–8 с.

Описані електрофільтри називаються трубчастими, на відміну від пластинчастих, в яких коронувальні електроди підвішені не в трубі, а між двома сталевими пластинами, що є осаджувальними електродами.

Відстань між пластинами приймається рівною 250–350 мм. Якщо вона буде більшою, то напруженість електричного поля виявиться недостатньо точною для інтенсивного осадження частинок пилу. Для збільшення ступеня очищення електроди можна змочувати водою. В такому випадку електрофільтр буде належати до мокрих.

Пил збирається в бункері у вигляді сухого порошку або у вигляді пульпи (суспензії) в нижній частині апарата. Електрофільтри застосовують для тонкого

очищення газів від частинок аерозолів. Вибір тієї чи іншої конструкції електрофільтра визначається умовами роботи: складом і властивостями газів, що очищаються, необхідною ефективністю очищення.

При роботі електрофільтрів запилений газовий потік рухається вертикально знизу уверх або горизонтально. За цією ознакою електрофільтри поділяються на горизонтальні і вертикальні.

Там, де необхідно встановити електрофільтр підвищеної продуктивності, його виготовляють не одно-, а двосекційним, тобто складеним із двох паралельно розташованих частин для одночасного пропуску двох газових потоків.

За призначенням електрофільтри поділяють на три групи. Електрофільтри першої групи призначені передусім для очищення сухих газів. За допомогою електрофільтрів другої групи очищають від пилу зволожені гази. Електрофільтрами третьої групи проводиться осадження пилу з корозуючих газів, що можуть руйнуватися коронувальними й осаджувальними електродами, якщо не буде вжито заходів до їх захисту.

Якщо температура газів, що очищуються не перевищує 250 ^{o}C, то вона не впливає істотно на роботу електрофільтра. При подальшому підвищенні температури газу робота електрофільтра погіршується, тому що зі зростанням температури газу розряд корони знижується. Висока температура газів для роботи електрофільтра шкідлива також тому, що при сильному розігріванні осаджувальних електродів і рам коронувальних електродів можливо їх викривлення. Негативно впливає на роботу електрофільтра й висока вологість газу, що очищується.

При значній запиленості газів і особливо за наявності в них грубої фракції перед електрофільтрами часто встановлюють циклони, об’єднані в батарею, для попереднього очищення газів, усунення перевантаження електрофільтра і підвищення таким спсобом його коефіцієнта корисної дії.

Порівняно з іншими пиловловлювачами, електрофільтри працюють із найбільшим коефіцієнтом корисної дії, що доходить при їх правильному

налагодженні до 98–99 %. Висока вартість електрофільтрів, їх великі габаритні розміри і складність експлуатації трохи знижують відмічені позитивні якості електрофільтрів, що є за своїми виробничими показниками найбільш досконалими з існуючих пиловловлювальних установок.

Електрофільтри застосовуються там, де необхідно очищати дуже великі об'єми газу і відсутня небезпека вибуху. Ці установки використовуються для уловлювання леткого попелу на сучасних електростанціях, для уловлювання пилу в цементній промисловості, а також у металургії в потужних системах уловлювання диму, для пиловловлювання в системах кондиціювання повітря та інших суміжних галузях.

Контрольні запитання

1. Приведіть класифікацію сухих знепилювальних апаратів.

2. Які саме властивості пилу впливають на експлуатацію пилоосаджувальних камер? Чому? Якими властивостями пил не повинен володіти в жодному разі? Чому?

3. Які саме властивості пилу впливають на експлуатацію циклонів? Чому? Якими властивостями пил не повинен володіти в жодному разі? Чому?

4. Які саме властивості пилу впливають на експлуатацію рукавних фільтрів? Чому? Якими властивостями пил не повинен володіти в жодному разі? Чому?

5. Які саме властивості пилу впливають на експлуатацію електрофільтрів? Чому? Якими властивостями пил не повинен володіти в жодному разі? Чому?

6. Запропонуєте варіант виробництва тугоплавких неметалічних виробів, у якому доцільно було б застосовувати зернисті фільтри. Які саме фільтри можна в цьому випадку запропонувати?

7. Які фізичні основи сухого очищення відпрацьованих газів від пилу?

5 МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ ГАЗОВИХ ВИКИДІВ ВІД ПИЛУ. МОКРІ ПИЛОВЛОВЛЮВАЛЬНІ АПАРАТИ

Мокрі пиловловлювальні апарати працюють за принципом уловлювання частинок пилу поверхнею або об'ємом рідини (води). Ці апарати характеризуються високим ступенем очищення від дрібнодисперсного пилу. За їх допомогою можна очищати від пилу гарячі і вибухонебезпечні гази. Пульпу (суспензія частинок пилу у воді) не завжди вдається застосувати у виробництві. Використання пульпи пов'язано з попереднім відстоюванням, сушінням та іншими операціями, ускладнює і здорожує її застосування. Необхідність встановлювати допоміжні пристрої для видалення або використання пульпи значно знижує позитивні якості мокрого способу пиловловлення. Крім цього, в мокрих пиловловлювачах можливе винесення крапель рідини й осадження їх з пилом у газоходах і димососах. У разі очищення агресивних газів необхідно захищати апаратуру і комунікації антикорозійними матеріалами.

Ефективність роботи апаратів мокрого очищення залежить від змочувальної властивості пилу, площі дотику запиленого потоку газу з поверхнею рідини. У мокрих пиловловлювачах зрошувальною рідиною найчастіше стає вода. Якщо пил погано змочується водою, то у воду додають поверхнево-активні речовини (ПАР).

Залежно від поверхні контакту або способу дії мокрі пиловловлювачі поділяють на 8 видів:

1 – порожнисті газопромивники;

2 – насадки-скрубери;

3 – тарілчасті (барботажні і пінні) пиловловлювачі;

4 – пиловловлювачі з рухомою насадкою;

5 – пиловловлювачі ударно-інерційної дії;

6 – пиловловлювачі відцентрової дії;

7 – механічні газопромивники;

8 – швидкісні газопромивники (скрубери Вентурі та ежекторні скрубери).

Іноді мокрі пиловловлювачі поділяють за витратами енергії на такі:

– низьконапірні, гідравлічний опір яких не перевищує 1,5 кПа: форсункові скрубери; барботери; мокрі відцентрові апарати;

– середньонапірні, гідравлічний опір яких знаходиться в межах 1,5–3,0 кПа: динамічні скрубери; газопромивники ударно-інерційної дії; ежекторні скрубери;

– високонапірні, гідравлічний опір яких понад 3,0 кПа: скрубери Вентурі; апарати з рухомою насадкою.

Для збільшення поверхні контакту до апаратів мокрого очищення вводять спеціальні насадки з матеріалів, інертних по відношенню до води і забруднень (у промивних баштх), або воду розпилюють за допомогою форсунок (форсункові скрубери). На рис. 5.1 наведено схеми двох апаратів мокрого очищення – промивної башти (*а*) і форсункового скрубера (*б*). Промивна башта є найпростішим апаратом мокрого очищення газів від пилу. Вона являє собою колону, заповнену кільцями Рашига або будь-яким іншим інертним матеріалом.

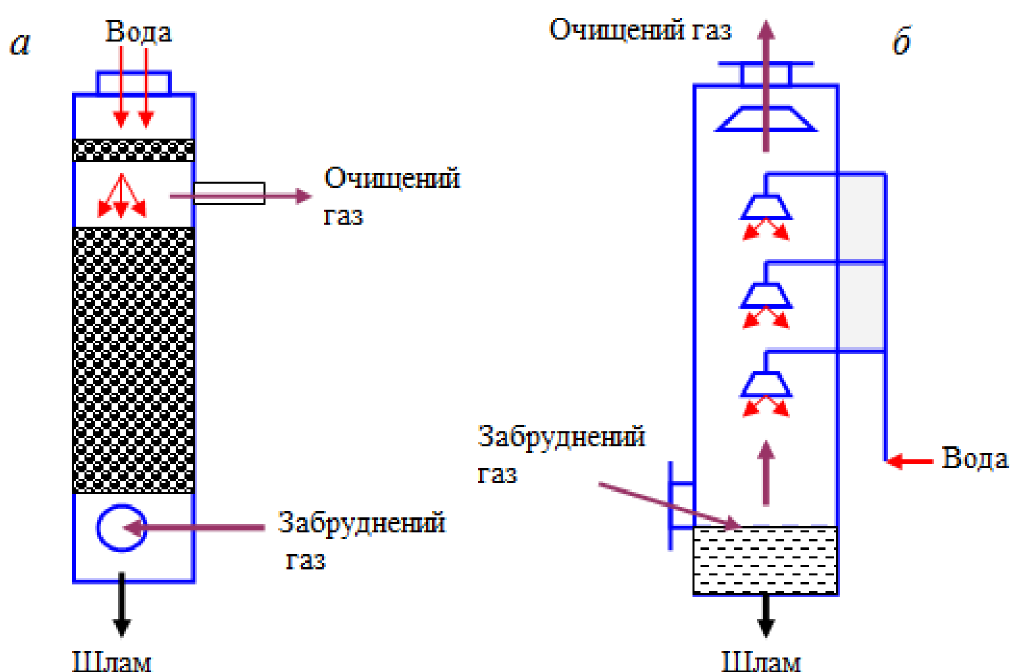


Рисунок 5.1 – Схема апаратів мокрого очищення газів

Промивну воду і запилений газовий потік подають у колону протитечією. У міру просування газового потоку від низу до верху колони пил захоплюється водною поверхнею, вода забруднюється твердими частинками, розчинними речовинами та у вигляді шламу виводиться з нижньої частини колони.

У форсункових скруберах запилений газовий потік подається через патрубок у нижній частині скрубера і направляється на дзеркало води, де відокремлюються найбільші частинки пилу.

Далі газовий потік, що містить дрібнодисперсний пил, розподіляється по всьому перерізу апарата, піднімається уверх назустріч потоку крапель води, що подаються через форсункові пояси. У міру просування газового потоку від низу до верху апарата пил захоплюється краплями води, опускається в нижню частину апарата і виводиться у вигляді шламу.

У результаті контакту запиленого газового потоку з рідиною утворюється міжфазна межа контакту. Ця поверхня складається з газових бульбашок, газових струменів, рідких струменів, крапель, плівок рідини. У більшості мокрих пиловловлювачів спостерігаються різні види поверхонь, тому пил вловлюється в них за різними механізмами.

Залежно від форми контакту фаз способи мокрого пилоочищення можна поділити на:

1 – уловлювання в об’ємі (шарі) рідини;

2 – уловлювання плівками рідини;

3 – уловлювання розпиленою рідиною в об’ємі газу (рис. 5. 2).

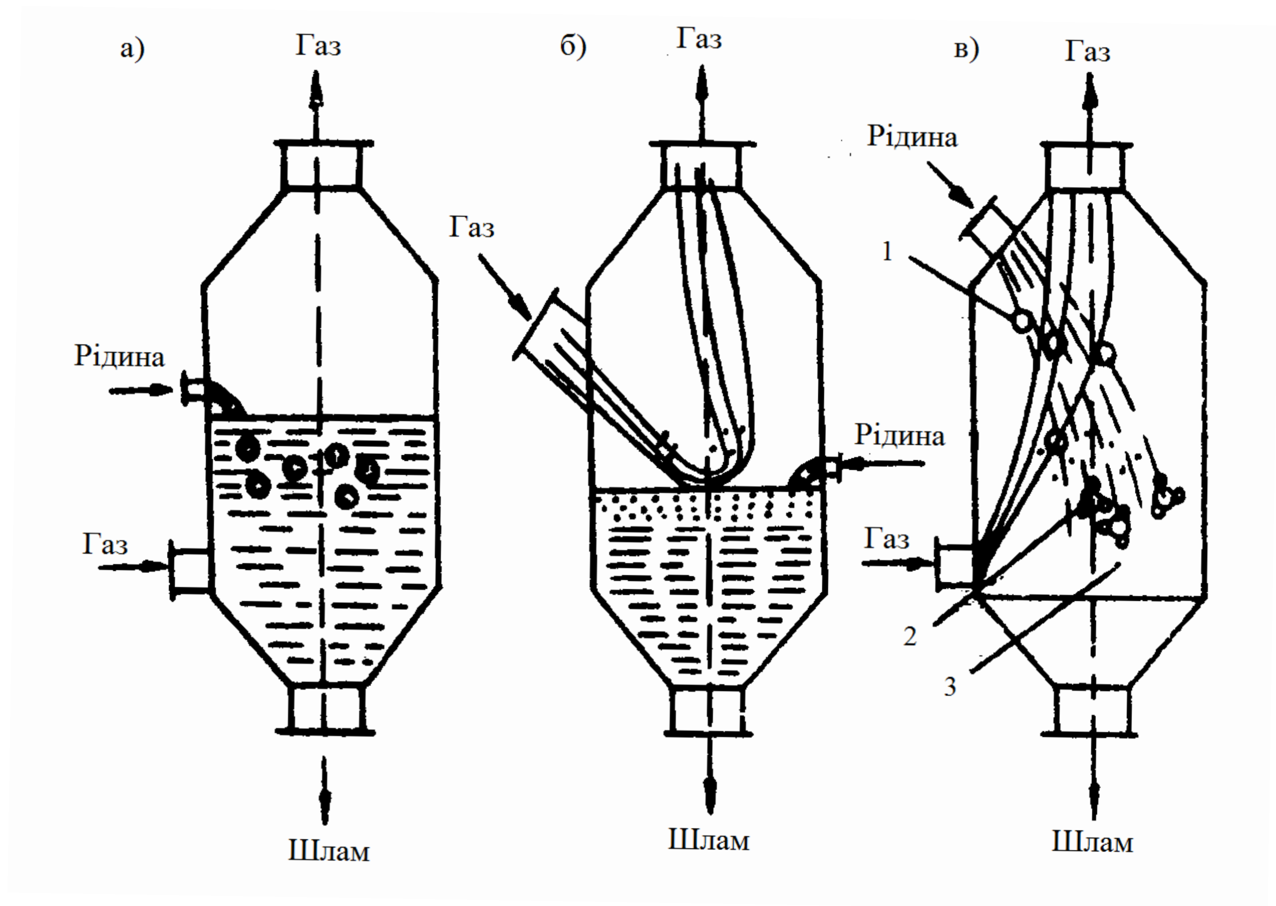
Доцільно поєднання сухого і подальшого мокрого очищення, яке, в свою чергу, може поєднуватися з адсорбційним доочищенням. Розвинена поверхня контакту фаз сприяє збільшенню ефективності пиловловлювання.

Ефективність очищення газів від пилу залежить від дисперсності, щільності, здатності до злипання, сипучості, абразивності, змочуваності, гігроскопічності, розчинності та ін.

Основним параметром при виборі пиловловлювача є розмір частинок. Необхідно знати дисперсний склад пилу, що задається у вигляді таблиць або

інтегральних кривих.

Гранулометричний склад більшості видів пилу підпорядковується нормальнологарифмічному закону розподілу частинок за розмірами.



а – в об'ємі рідини; б – плівками рідини; в – розпиленою рідиною;

1 – бульбашки газу; 2– краплі рідини; 3 – тверді частинки

Рисунок 5.2 Схеми основних способів мокрого пиловловлення

Необхідно прагнути до створення мокрих промивачів з мінімальним гідравлічним опором, працездатних при низьких витратах води. Ефективність очищення пилу залежить від розмірів частинок, що вловлюються, та від інших властивостей пилу.

Контрольні запитання

1. Приведіть класифікацію мокрих знепилювальних апаратів.

2. Приведіть приклад, на яких етапах і якого силікатного виробництва можна встановлювати апарати мокрого пилоочищення.

3. Які саме властивості пилу впливають на експлуатацію апаратів мокрого очищення газів? Чому? Якими властивостями пил не повинен володіти в жодному разі? Чому?

4. Переваги й недоліки мокрих пиловловлювальних апаратів.

6 МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ ГАЗОВИХ ВИКИДІВ ВІД ГАЗОПОДІБНИХ І ПАРОПОДІБНИХ ЗАБРУДНЕНЬ

Промислові газові викиди можуть містити токсичні для біоти неорганічні й органічні речовини. Серед них найбільш небезпечні для біоти оксиди сірки, азоту, вуглецю (CO), аміак, хлористий водень, фтористий водень, хлор, пари летких органічних сполук: ацетону, бензолу, толуолу, ксилолу, фенолу, нижчих спиртів, гептану, сірковуглецю, ефірів, бензину та ін. Загальним для всіх забруднень зазначеної групи є те, що за звичайних атмосферних умов (тиск, температура) ці речовини знаходяться в газоподібному стані в потоці газу, що очищається. Ці забруднення відрізняються за розчинністю у воді та іншими фізико-хімічними і хімічними властивостями, що використовується при виборі місця очищення води.

Залежно від типу процесу методи очищення промислових газових викидів від газоподібних забруднень і парів поділяються на п'ять основних груп (табл. 6.1), кожній з яких відповідають певні апарати.

Абсорбційні методи засновані на відмінностях у розчинності речовин певних розчинниках. При контакті забрудненого газового потоку з рідким розчинником пари певних забруднень поглинаються розчинником-абсорбентом з утворенням розчину. Найбільш дешевим і доступним у промислових умовах розчинником є вода, також використовуються органічні розчинники, що не вступають в реакцію з газом, що видаляється, та водні розчини цих речовин.

Процес поглинання забруднень розчинником (водою) проводиться одним із таких способів. Забруднений газовий потік: а) пропускається через насадок колони, зрошеної розчинником (водою); б) контактує з краплями рідини, що розпилюється форсунками; в) барботують через шар рідини.

Чистий розчинник вводиться у верхню частину апаратів абсорбційного очищення, а з нижньої частини апаратів абсорбційного очищення відбирають відпрацьований розчин.

Таблиця 6.1 – Методи очищення промислових газоподібних викидів від газоподібних та пароподібних забруднень

Методи очищення	Тип процесу	Апарати
Абсорбційні	поглинання забруднення розчинником (водою) з утворенням розчину	насадкові башти; скрубери; барботажно-пінні апарати та ін.
Хемосорбційні	Хімічна взаємодія забруднення з рідкими сорбентами (поглиначами) з утворенням малолетких або малорозчинних хімічних сполук	насадкові башти; скрубери; розпилювальні апарати та ін.
Адсорбційні	адсорбція забруднення на поверхні твердої речовини	адсорбери
Термічні	окиснення забруднення киснем із повітря при високих температурах з утворенням нетоксичних (менш токсичних) сполук	камери випалювання
Каталітичні	каталітична хімічна реакція забруднення з іншими забрудненнями або додавання речовин з утворенням нетоксичних (менш токсичних) сполук	каталітичні і термокаталітичні реактори
Біохімічні	трансформація забруднення під впливом ферментів, що виробляються мікроорганізмами	біофільтри; біоскрубери

Очищений газ із верхньої частини апаратів виводиться в атмосферу.

Отриманий розчин піддають зазвичай регенерації, тобто очищають від забруднень і знову повертають в апарат. Концентрат забруднюючих речовин використовують ВМР – вторинний матеріальний ресурс або відход. Таким чином, в атмосферу забруднення не надходять, але можуть забруднювати грунт у вигляді твердих відходів або надходити у водойми в складі стічної води, якщо не застосовуються у виробничому процесі маловідходні або безвідходні технології.

Абсорбційного очищення зазнають газоподібні відходи, що містять один або кілька видобутих компонентів. Залежно від використовуваного абсорбенту (табл. 6.2) і його селективності можна виділити або один компонент, або послідовно кілька. В результаті абсорбції отримують очищений газ і насичений розчин, який має бути легко придатним для регенерації з метою вилучення з нього корисних газів і повернення його на стадію абсорбції.

Абсорбційні методи очищення поділяються за такими ознаками:

1) за компонентом, що абсорбується;

2) за типом абсорбенту, що застосовується;

3) за характером процесу – з циркуляцією або без циркуляції газів;

4) за використанням абсорбенту – з регенерацією і поверненням його в цикл (циклічні) або без регенерації (нециклічні);

5) за використанням компонентів, що вловлюються, – з рекуперацією або без рекуперації;

6) за типом рекупераційного продукту;

7) за організацією процесу – періодичні або безперервні;

8) за конструктивними типами абсорбційної апаратури.

Вибір методу очищення залежить від багатьох чинників: концентрації компонента, що витягується з газів, об’єму і температури газу, вмісту домішок, наявності хемосорбентів, можливості використання продуктів рекуперації, необхідного ступеня очищення. Вибір проводять на підставі результатів техніко-економічних розрахунків.

Таблиця 6.2 – Абсорбенти, що використовують для очищення газів

Поглинаючі компоненти	Абсорбенти
Оксиди азоту N_2O_3, N_2O_5	Вода, водні розчини та суспензії: $NaOH$, Na_2CO_3, $NaHCO_3$, KOH, K_2CO_3, КНСОз, $Ca(OH)_2$, $CaCO_3$, $Mg(OH)_2$, $MgCO_3$, $Ba(OH)_2$, $BaCO_3$, NH_4HCO_3
Оксид азоту NO	Речовини: $FeCl_2$, $FeSO_4$, $Na_2S_2O_3$, $NaHCO_3$, Na_2SO_3, $NaHSO_3$
Діоксид сірки SO_2	Вода, водні розчинита ін.: Na_2SO_3 (18–25 %), NH_4OH (5–15 %), $Ca(OH)_2$ Na_2CO_3 (15–20 %), NaOH (15–25 %), KOH, $(NH_4)_2SO_3$ (20–25 %), $ZnSO_3$, K_2CO_3, суспензії CaO, MgO, $CaCO_3$, ZnO, золи; ксилідин – вода у співвідношенні 1:1, диметиланілін $C_6H_3(CH_3)_2NH_2$
Сірководень H_2S	Водний розчин Na_2CO_3 + Na_3AsO_4 (Na_2HAsO_3); водний розчин As_2O_3 (8–10 г/л) + NH_3 (1,2–1,5 г/л) + $(NH_4)_3AsO_3$ (3,5–6 г/л); моноетаноламін (10–15 %, розчин); розчини K_3PO_4 (40–50 % розчин); розчини K_3PO_4 (40–50 %), NH_4OH, K_2CO_3, $CaCN_2$, натрієва сіль антрахінондисульфокислоти
Оксид вуглецю CO	Рідкий азот; мідно-аміачний розчин $[Cu(NH_3)]_{nx}$ xCOCH
Діоксид вуглецю CO_2	Водні розчини: Na_2CO_3, K_2CO_3, NaOH, KOH, $Ca(OH)_2$, NH_4OH, етаноламіни RNH_2, R_2NH_4
Хлор Cl_2	Розчини: NaOH, KOH, $Ca(OH)_2$, Na_2CO_3, K_2CO_3, $MgCO_3$, $CaCO_3$, $Na_2S_2O_3$; тетрахлоридметан CCl_4
Хлористий водень HCl	Вода, розчини: NaOH, KOH, $Ca(OH)_2$, Na_2CO_3, K_2CO_3
Сполуки фтору HF, SiF_4	Na_2CO_3, NaOH, $Ca(OH)_2$

Вимоги, яким має задовольняти абсорбційна апаратура, випливають з фізичного уявлення явищ масопереносу в системах газ – рідина. Оскільки процес масопереносу протікає на поверхні поділу фаз, то в конструкціях апаратів необхідно її максимально розвивати.

Для поверхневих абсорберів характерним є конструктивно освітлена поверхня, по якій у плівковому режимі стікає абсорбент (рідина). Найбільш поширеною конструкцією таких протитечійних абсорберів є добре відомі насадкові апарати з насадками: кільця Рашига, кільця Пале, сідла Берля та інші насадки. Насадкові апарати складні, тому що необхідно створити опорні грати, зрошувачі, забезпечити ефективне уловлювання крапель абсорбенту.

У таких абсорберах міжфазна поверхня утворюється дрібними краплями шляхом дроблення, розпилення рідини. В об’ємі апарата за допомогою форсунок створюються краплі, що контактують із газовим потоком.

У механічних абсорберах рідина розпилюється в результаті підведення ззовні механічної енергії, наприклад, обертання валків або спеціальних розпилювачів. Ці конструкції досить складні.

У поверхневих та розпилюючих абсорберах суцільною фазою є газ, а розподіленою – рідина. У барботажних абсорберах у суцільному потоці рідини розподіляється газ, що досягається на так званих тарілках. Режим, в якому працюють такі абсорбери, називають *барботаж*.

При створенні промислових систем очищення газів абсорбційними методами необхідно розрізняти схеми з одно- і багаторазовим використанням абсорбенту. Абсорбція може поєднуватися з десорбційними процесами. Одноразове використання абсорбенту характерно для процесів із низькою вартістю поглинача, або коли після поглинання утворюється готовий (цільовий) продукт. Оскільки в газі, що очищується, міститься незначна кількість компонента, що вловлюється, то здійснюється циркуляція абсорбенту, але без його регенерації.

Істотним недоліком сорбційних методів очищення (абсорбційних і адсорбційних) викидних газів є необхідність багаторазової регенерації

поглинаючих розчинів або часткової заміни твердого сорбенту, що значно ускладнює технологічну схему, збільшує капітальні вкладення і витрати на експлуатацію.

Хемосорбційні методи засновані на хімічній взаємодії газоподібних або пароподібних забруднень із твердими або рідкими поглиначами з утворенням малолетких або малорозчинних хімічних сполук. При хемосорбції використовують водні розчини солей і лугів, органічні речовини і водні суспензії різних речовин. Реакції, що використовуються в методі, як правило, оборотні. Тому за певних умов можливе зміщення рівноваги в бік зворотної реакції, тобто десорбція поглинаючої речовини, регенерація хемосорбентом. Апарати хемосорбційного очищення схожі на апарати абсорбційного очищення. Загальним недоліком цих апаратів є утворення великої кількості відходів.

Адсорбційні методи засновані на явищі вибіркової адсорбції (поглинання і концентрування) забруднень на поверхні твердих тіл. В адсорбційних методах очищення використовуються сорбенти, що мають пористу структуру і, як наслідок, більшу питому поверхню. Наприклад, питома поверхня одиниці маси активованого вугілля досягає 10^6 $м^2/кг$. Такі сорбенти застосовують для очищення газів від парів органічних розчинників, видалення неприємних запахів та ін. Основними промисловими сорбентами є активоване вугілля, активований глинозем, силікагель, синтетичні цеоліти. При виборі адсорбенту основна увага приділяється його селективності та адсорбційній здатності по відношенню до компонента, що витягується.

Апаратами для адсорбційного очищення газів є вертикальні, горизонтальні або кільцеві ємності, заповнені пористим адсорбентом, через шар якого пропускається потік газу, що очищується. За час контакту забруднення затримується поверхнею адсорбенту, а з апарата виводиться газ, який може містити інертні домішки, що не взаємодіють з адсорбентом або незначно ним поглинаються. Регенерацію адсорбенту проводять продуванням нагрітою водяною парою.

Термічна нейтралізація забруднених газових викидів заснована на окисненні забруднень киснем повітря при високих температурах до менш токсичних сполук. Метод застосовують для очищення газових викидів, що містять пари органічних сполук, але не містять таких забруднень, як галогени, сірка, фосфор і їх сполуки. Обмеження обумовлено тим, що при горінні зазначених сполук утворюються, як правило, продукти, що перевищують за токсичністю результатні забруднення.

Процес очищення може проводитися: прямим спалюванням забруднень у полум'ї з температурою 600–800 °С в присутності каталізаторів або без них, окисленням при температурах 250–450 °С. Пряме спалювання (факел) застосовують для горючих газоподібних відходів технологічного процесу. Наприклад, якщо гази містять водень, леткі вуглеводи, метан у великих концентраціях і температура їх достатня для горіння, то така газова суміш буде горіти. У полум'ї проходить окиснення інших домішок.

Термічне окиснення при більш низьких температурах проводять у тих випадках, коли концентрація горючих домішок мала і вони не забезпечують необхідної високої температури газового потоку, або в газовій суміші недостатньо кисню для горіння.

Каталітичне окиснення проводять для того, щоб отримати менш токсичні продукти горіння за рахунок утворення певних проміжних сполук речовин газової суміші з каталізатором. До газу, що зазнав очищення за необхідності можуть вводитися додаткові речовини, які беруть участь у каталітичній реакції з речовинами-забруднювачами з утворенням менш токсичних проміжних продуктів. У промисловості як каталізатори частіше застосовуються хімічно інертні метали: платина, паладій. Процес проводиться в каталітичних і термокаталітичних реакторах.

Біохімічні методи очищення газових викидів від забруднень – це по суті також каталітичні методи, але відрізняються тим, що каталізатори процесів перетворення забруднюючих речовин у менш токсичні «поставляються» живими мікроорганізмами. Отже, для успішної реалізації цих методів

необхідно забезпечити такі умови, при яких можлива життєдіяльність мікроорганізмів. Процес може проводитися в біофільтрах і біоскруберах. Принципова відмінність біофільтрів від аналогічного типу апаратів інших методів газоочищення полягає в тому, що фільтрувальним компонентом є грунт, торф або інший матеріал, на поверхні і в об'ємі яких створюються умови для підтримки життєдіяльності співтовариства мікроорганізмів. Основна відмінність біоскруберів полягає в тому, що потік газу контактує ні з краплями рідини, а з краплями суспензії активного мулу. Біохімічний метод поки не набув великого поширення через складність забезпечення стабільної життєдіяльності групи мікроорганізмів. Але за своєю суттю це найбільш екологічний метод очищення, що забезпечує при належному підборі видів мікроорганізмів найбільш ефективне очищення по відношенню до біоти.

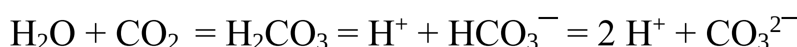
6.1 Очищення газів від оксидів вуглецю CO_2 і CO

Оксиди вуглецю CO_2 та CO в повітрі присутні в газоподібному стані. Тривалість їх перебування в приземному шарі атмосфери визначається властивостями оксидів і параметрами середовища (температура, тиск, вологість та ін.). Оксид вуглецю CO_2 значно легший за CO, виводиться з атмосфери в процесі її самоочищення. Оксид вуглецю CO надзвичайно токсичний, переноситься на великі відстані від джерел викиду, довго може перебувати у незмінному вигляді в приземному шарі атмосфери. Очищення промислових газів від CO_2 та CO засновано на їх фізичних та хімічних властивостях.

Оксид вуглецю (IV) – це безбарвний газ із злегка кислуватим запахом і смаком. У воді CO_2 розчинний досить добре (приблизно 1:1 за об'ємом). За хімічною природою це кислотний оксид, що взаємодіє з водою при розчиненні в ній, а також лугами, основними оксидами. При розчиненні CO_2 у воді утворюється слабка вугільна кислота:



$$H_2O + CO_2 = H_2CO_3$$



$$H_2O + CO_2 = H_2CO_3 = H^+ + HCO_3^- = 2\,H^+ + CO_3^{2-}$$

При нагріванні CO_2 випаровується. Утворені карбонати і гідрокарбонати

мають різну розчинність у воді, не токсичні.

Оксид вуглецю (II) – безбарвний газ, що не має запаху і смаку, погано розчинний у воді. Газ сильно токсичний, його ГДК в повітрі населених місць 1 мг/м^3. Основна небезпека СО для тварин і людини обумовлена його здатністю сполучатися з гемоглобіном крові легше за кисень. Велика токсичність СО обумовлює необхідність ретельного очищення від нього промислових газів, що викидаються в атмосферу. При очищенні забруднених газів від СО використовуються такі його властивості: можливість окиснення СО до CO_2; здатність СО вступати в реакції комплексоутворення (табл. 6.3).

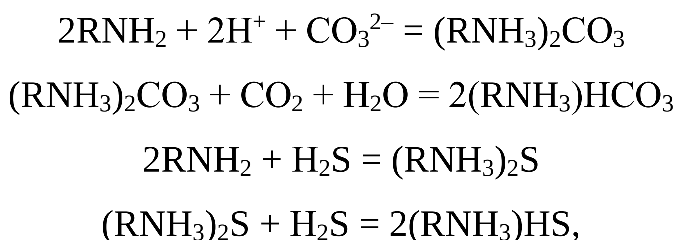
Таблиця 6.3 – Методи очищення газів від оксидів вуглецю

Метод	Основні процеси методу
Абсорбція CO_2 водою	абсорбція: $CO_2 + H_2O = H_2CO_3$ регенерація сорбенту: $H_2CO_3 = H_2O + CO_2$
Абсорбція CO_2 етаноламіном	абсорбція: $(RNH_3)_2CO_3 + CO_2 + H_2O = 2(RNH_3)HCO_3$ регенерація сорбенту: $2(RNH_3)HCO_3 = (RNH_3)_2CO_3 + CO_2 + H_2O$
Метанірування СО і CO_2	$CO + 3H_2 = CH_4 + H_2O$ $CO_2 + 4H_2 = CH_4 + 2H_2O$ (каталізатор на основі оксидів NiO, Al_2O_3)
Абсорбція мідьаміачним розчином СО і CO_2	абсорбція: $[Cu(NH_3)_2]^+ + CO + NH_3 = [Cu(NH_3)_3CO]^+$ регенерація сорбенту: $[Cu(NH_3)_3CO]^+ = [Cu(NH_3)_2]^+ + CO + NH_3$ $NH_3 + H_2O = NH_4OH$ $2NH_4OH + CO_2 = (NH_4)_2CO_3 + H_2O$ $(NH_4)_2CO_3 + CO_2 + H_2O = 2NH_4HCO_3$
Конверсія СО з водяною парою	$CO + H_2O = CO_2 + H_2$ (каталізатор на основі оксидів заліза)

Абсорбція CO_2 водою – один із найпростіших методів очищення газоподібних викидів від оксиду вуглецю (IV). Максимальна поглинальна здатність води 8 кг CO_2 на 100 кг води. Очищений газ виводиться в атмосферу. Розчин CO_2 у воді перекачується в дегазатор, де CO_2 виділяється з розчину і виводиться з апарата для подальшого використання або хімічної переробки. Вода з дегазатора подається в поглинальну колону для використання в наступному аналогічному циклі.

Основні переваги цього методу полягають у такому: відсутність токсичних відходів, що викидаються в природні середовища; економічність; доступність розчинника – води, відносна простота технологічного процесу та апаратів, що застосовуються. Істотні недоліки методу – невелика поглинальна здатність води по відношенню до CO_2, недостатня чистота CO_2, що виділяється.

Абсорбція CO_2 етаноламінами має ряд переваг порівняно з абсорбцією CO_2 водою і є найбільш поширеним методом очищення промислових газоподібних викидів від цього компонента. Велика порівняно з водою ефективність етаноламінів обумовлена, перш за все, наявністю лужних властивостей у моно-, ди- та триетаноламіну (МЕА, ДЕА, ТЕА). Як наслідок, ці розчинники здатні ефективно поглинати із забруднених газових середовищ не тільки CO_2, а й інші забруднення, що володіють кислотними властивостями, наприклад, сірководень. Моноетаноламін добре поглинає також оксид вуглецю (II):



$$2RNH_2 + 2H^+ + CO_3^{2-} = (RNH_3)_2CO_3$$

$$(RNH_3)_2CO_3 + CO_2 + H_2O = 2(RNH_3)HCO_3$$

$$2RNH_2 + H_2S = (RNH_3)_2S$$

$$(RNH_3)_2S + H_2S = 2(RNH_3)HS,$$

де RNH_2 – моноетаноламін (МЕА, R – етил-радикал – C_2H_5); R_2NH – диетаноламін (ДЕА); R_3N – триетаноламін (ТЕА).

У промисловості найчастіше застосовують моноетаноламін як абсорбент,

ефективний по відношенню до декількох компонентів, недорогий, легко піддається регенерації. Технологічна схема процесу звичайна для абсорбційних процесів.

Метанування CO і CO_2 застосовується для очищення газів, що містять невеликі залишкові кількості CO. Очищення газів засновано на екзотермічній реакції гідрування CO в присутності каталізаторів. Одночасно з газу, що очищається, видаляється CO_2 та кисень. Утворений метан може далі спалюватися, якщо не використовується в технологічному процесі.

Абсорбція CO і CO_2 мідно-аміачним розчином використовується для глибокого очищення газів від CO. Контроль здійснюється шляхом здатності комплексної мідно-аміачної сполуки поглинати CO під високим тиском з утворенням відповідної комплексної сполуки $[Cu (NH_3) 3CO]^+$. При нагріванні останньої CO легко видаляється, що пояснює можливість легкої регенерації поглинального розчину. Уловлений оксид вуглецю CO далі переходить на інші ступені очищення (наприклад, на окиснення до CO_2).

Процес абсорбції проводять при високому тиску і температурі, близькій до 0 °C. Десорбцію CO проводять при атмосферному тиску і температурі приблизно 80 °C. Технологічна схема процесу звичайна як для абсорбційних процесів.

Конверсія CO з водяною парою. Окиснення CO до CO_2 в промислових умовах проводиться з використанням різних реагентів, але найбільш поширеними реагентами є водяна пара і метан. Конверсія CO з водяною парою проводиться в присутності залізних окисних каталізаторів (Fe_2O_3 + Cr_2O_3), реакція $CO + H_2O = CO_2 + H_2$ екзотермічна.

6.2 Очищення газів від сірководню

Сірководень – безбарвний газ із характерним запахом, добре розчинний у воді. Один об'єм води розчиняє в звичайних умовах близько трьої об'ємів сірководню. У водному розчині сірководень поводиться як слабка кислота, вона дещо слабша від вугільної кислоти. При нагріванні розчинність сірководню у

воді знижується.

Сірководень сильно токсичний. При концентрації сірководню в повітрі 0,004 мг/л відчувається сильний запах. При більш високих концентраціях цього газу в повітрі можливі сильні отруєння у людей, аж до летальних випадків через зупинку дихання.

Гранично допустима концентрація (ГДК) сірководню в повітрі робочої зони становить 10 мг/м^3, а в присутності вуглеводнів – 3 мг/м^3. Максимальна разова і середньодобова ГДК в атмосферному повітрі населених пунктів дорівнює 0,008 мг/м^3.

Методи очищення газових викидів від сірководню засновані на таких його характеристиках, як хороша розчинність у воді з утворенням слабкої кислоти, здатності окиснюватися з утворенням різних продуктів. Сірководень може горіти на повітрі з утворенням сірки або оксиду сірки залежно від умов проведення процесу:



$2H_2S + 3O_2 = 2H_2O + 2SO_2$ (у надлишку кисню)



$2H_2S + O_2 = 2H_2O + 2S$ (при недостатній кількості кисню)

Очищення промислових газових викидів від сірководню може проводитися як мокрим, так і сухим способами.

При мокрих методах очищення гази, що містять сірководень, контактують із поглинаючими розчинами, до складу яких входять компоненти, здатні хімічно взаємодіяти з сірководнем.

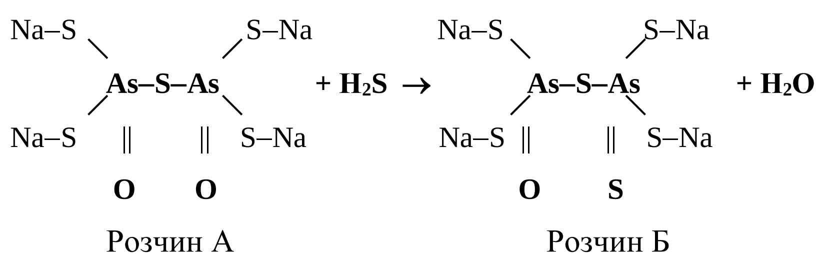
При сухих способах очищення газів від сірководню використовуються сорбенти різної природи.

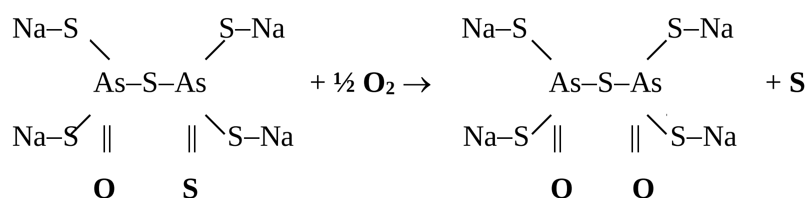
Поглинання сірководню відбувається в результаті перебігу оборотних хімічних реакцій і процесів сорбції – десорбції. (табл. 6.4)

Таблиця 6.4 – Методи очищення газів від сірководню

Метод	Основні процеси методу
Миш'яково-содовий метод очищення газів від H_2S	абсорбція: $Na_4As_2S_5O_2 + H_2S = Na_4As_2S_6O + H_2O$ регенерація сорбенту: $Na_4As_2S_6O + ½\ O_2 = Na_4As_2S_5O_2 + S$
Фосфатний метод очищення газів від H_2S	$H_2S + K_3PO_4 = K_2HPO_4 + KHS$
Залізосодовий метод очищення газів від H_2S	абсорбція: $H_2S + Na_2CO_3 = NaHS + NaHCO_3$ $3NaHS + 2Fe(OH)_3 = Fe_2S_3 + 3NaOH + 3H_2O$ $3NaHS+2Fe(OH)_3 =2FeS + S + 3NaOH + 3H_2O$ регенерація сорбенту: $2Fe_2S_3 + 6H_2O + 3O_2 = 4Fe(OH)_3 + 6S$ $4FeS + 6H_2O + 3O_2 = 4Fe(OH)_3 + 4S$
Адсорбція H_2S цеолітами	адсорбція: $H_2S + NaA \rightarrow H_2S(NaA)$ регенерація сорбенту: $H_2S(NaA) \rightarrow H_2S + NaA$
Адсорбція H_2S активованим вугіллям	адсорбція: H_2S + (вугілля) + O_2 каталітичне окиснення: $2H_2S + O_2 = 2H_2O + 2S$

Миш'яковосодовий метод очищення газів від H_2S заснований на хемосорбції сірководню тіоарсенатами натрію. Хімізм процесу складний, результуючі реакції можуть бути наведені у вигляді таких схем:





Абсорбцію та регенерацію сірководню проводять при температурі 40–45 °C у скруберах різної конструкції.

До переваг методу належать селективність очищення по відношенню до сірководню, висока ефективність очищення: ступінь виділення сірководню досягає 98 %.

Фосфатний метод очищення газів від H_2S заснований на хемосорбції сірководню розчином фосфату калію. Цей метод очищення газів від сірководню має певні переваги порівняно з миш’яково-содовим методом: нелеткість фосфату калію дозволяє проводити процес при більш високих температурах, насичений розчин, що використовується, дозволяє селективно виділяти сірководень із забруднених газів, де його концентрація відносно висока і присутній у значних кількостях CO_2. Фосфат калію може взаємодіяти у обладнанні з газом, що очищується, та з виділенням в апаратах очищення нерозчинних карбонатів, тому при підвищеному вмісті в промислових газах CO_2 процес проводять з використанням 35 % розчину фосфату калію. Ступінь очищення газів від сірководню при фосфатному методі трохи нижчий, ніж при миш’яково-содовому, залишковий вміст сірководню становить близько 1,5 г/м^3.

Залізосодовий процес очищення газів від H_2S проводиться на ряді підприємств хімічної промисловості. В основі методу лежить процес поглинання сірководню суспензією гідроксиду заліза Fe $(OH)_3$ в розчині соди Na_2CO_3 в лужному середовищі (pH 8,5–9,0).

При регенерації поглинального розчину сульфіди заліза окиснюються киснем повітря з виділенням елементарної сірки, що є товарним продуктом.

Очищення газів від H_2S цеолітами. Цеоліти NaA, CaA є ефективним сорбентом, що відзначаються високою адсорбційною властивістю і

селективністю по відношенню до сірководню. Процес можна проводити в присутності CO_2, який хоч і сорбується разом із сірководнем, але значно легше десорбується. На початковій стадії очищення із забрудненого газу витягуються як сірководень, так і CO_2. Потім сірководень витісняє з сорбенту CO_2 і вміст останнього газу, що виходить з адсорбера та починає зростати. Процес може бути зупинений при будь-якому економічно і технологічно виправданому вмісті CO_2 в газовій суміші, що підлягає очищенню. Найкращими експлуатаційними властивостями володіють цеоліти типу CaA.

Очищення газів від H_2S активованим вугіллям полягає в адсорбції сірководню на поверхні вугілля і подальшому окисненні H_2S киснем повітря до елементарної сірки. Активоване вугілля одночасно є адсорбентом і каталізатором окиснення сірководню. Каталітичні властивості сорбенту підсилюють шляхом нанесення на його поверхню інших речовин – каталізаторів окиснення сірководню, наприклад, йоду, йодистого калію. Утворена на поверхні і в об'ємі пор сорбенту елементарна сірка знижує його активність, тому періодично проводять регенерацію вугілля. Для цього сірку вимивають із сорбенту спеціальним розчинником. Далі промите вугілля очищають від розчинника, сушать. При цьому виникає проблема рекуперації розчинника, а також проблема очищення газових викидів від парів розчинника. Процес поглинання сірководню активованим вугіллям не набуває широкого застосування ще й тому, що в апаратах очищення можливий перебіг сильно екзотермічної реакції окиснення сірководню до сірчаної кислоти, що може бути причиною займання вугілля.

Поглинання і хімічне перетворення сірководню в елементарну сірку використовується в процесах очищення промислових газів від органічних сірчистих сполук.

6.3 Очищення газів від оксиду сірки (IV)

Сірчистий газ – одне з основних забруднень атмосферного повітря, що надає сильного негативного впливу на живі організми. У звичайних умовах це

безбарвний газ із різким характерним запахом. В атмосфері він поступово окиснюється до сірчаного ангідриду, а останній при взаємодії з водою утворює сірчану кислоту. З атмосфери сірчистий газ і продукти його хімічних перетворень вимиваються з опадами, надходячи у водойми, грунт. Час перебування сірчистого газу в атмосфері залежить від багатьох чинників і становить від декількох годин до 4–5 діб. Гранично допустима концентрація цієї речовини в повітрі (середньодобова) становить 0,005 мг/м^3.

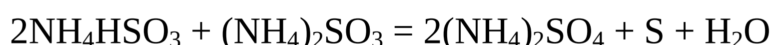
Сірчистий газ – кислотний оксид, що може уловлювати SO_2 із забруднених промислових газів. Спосіб заснований на здатності його взаємодіяти з водою, основними оксидами, деякими солями.

Таблиця 6.5 – Методи очищення газів від SO_2

Метод	Основні процеси методу
Вапняний метод очищення газів від SO_2	$SO_2 + CaCO_3 = CaSO_3 + CO_2$ $SO_2 + CaO = CaSO_3$ $SO_2 + Ca(OH)_2 = CaSO_3 + H_2O$ $2CaSO_3 + O_2 = 2CaSO_4$
Аміачний метод очищення газів від SO_2	$SO_2 + (NH_4)_2SO_3 + H_2O = NH_4HSO_3$
Поглинання SO_2 вуглеводними пористими сорбентами	$(SO_2 + H_2O + O_2) \rightarrow$ вугілля $SO_2 + H_2O = H_2SO_3$ $H_2SO_3 + ½O_2 = H_2SO_4$

Вапняний метод очищення газів від SO_2. Це один з найбільш простих в технічному відношенні методів. Однак у процесі очищення утворюються тверді відходи, що не знаходять практичного застосування, скидаються у відвали. Тому метод можна застосовувати тільки при невеликому вмісті SO_2 в газі, що очищується. Метод заснований на необоротній хімічній взаємодії сірчистого газу з вапняком (вапном або крейдою), в результаті чого утворюється сульфіт кальцію, який на повітрі окиснюється до сульфату кальцію.

Аміачний метод очищення газів від SO_2 має кілька варіантів, що відрізняються умовами проведення процесу. При першому варіанті цього методу перша стадія однакова – це поглинання сірчистого газу водним розчином сульфіту амонію з утворенням гідросульфіту амонію. Далі варіанти методу різняться за напрямами перероблення гідросульфіту амонію. Найбільший інтерес з точки зору еколога становлять ті методи, в яких відбувається перетворення SO_2 в який-небудь продукт, який використовується в інших виробництвах або в сфері споживання. При такому підході більш цікавий аміачно-автоклавний метод. Тут на другій стадії процесу гідросульфіт амонію розкладається в автоклаві при підвищених температурах і тисках з отриманням як товарних продуктів сірки і сульфату амонію:



$$2NH_4HSO_3 + (NH_4)_2SO_3 = 2(NH_4)_2SO_4 + S + H_2O$$

Поглинання SO_2 вуглецевими пористими сорбентами є одним з найбільш перспективних методів. При контакті газу, що містить SO_2, з пористим сорбентом спочатку відбувається сорбція SO_2 та інших компонентів забрудненого газу на активній поверхні сорбенту. Далі в результаті взаємодії сорбованих речовин між собою утворюються речовини, що являють собою товарні продукти.

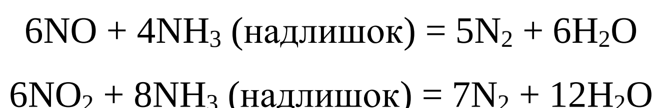
6.4 Очищення газів від оксидів азоту

Оксиди азоту, як і сірчистий газ, є одним з основних забруднень атмосфери. Найбільш стійкий в атмосфері оксид азоту (IV). Гранично допустима концентрація встановлена для всіх оксидів азоту в перерахунку на NO_2 і становить 0,085 мг/м^3 у повітрі населених пунктів. Джерелами забруднення атмосфери оксидами азоту є процеси спалювання палива, а також виробництва азотної кислоти, мінеральних добрив.

Найбільш екологічним способом очищення промислових газових викидів від оксидів азоту є каталітичне відновлення їх до молекулярного азоту. При

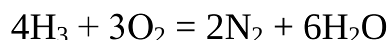
цьому як відновники можуть використовуватися CO, H_2, CH_4, NH_3, різні газові суміші. Каталізатори – метали підгрупи платини на різних носіях.

У різних процесах можуть утворитися вихлопні гази з різним вмістом оксидів азоту. Якщо вміст їх малий, то застосовуються відносно прості системи очищення. Наприклад, у виробництві розведеної азотної кислоти утворюються вихлопні гази з вмістом оксидів азоту 0,2–0,25 %, кисню – до 3 %, парів води – до 2,0 %. Основний компонент таких газів – азот. Для відновлення оксидів азоту використовується аміак при температурі 120 °C і тиску 0,3 МПа:



$$6NO + 4NH_3 \text{ (надлишок)} = 5N_2 + 6H_2O$$
$$6NO_2 + 8NH_3 \text{ (надлишок)} = 7N_2 + 12H_2O$$

Аміак, що залишився, окиснюється киснем повітря



$$4H_3 + 3O_2 = 2N_2 + 6H_2O$$

Очищений від оксидів азоту газ викидається в атмосферу. Оскільки всі хімічні процеси, що використовуються в схемі очищення, проводяться при підвищених температурах, то газ, який викидається після очищення, є джерелом енергетичного забруднення атмосфери.

Якщо вміст оксидів азоту у вихлопних газах підвищений, то застосовують багатоступеневі системи очищення, що також засновані на каталітичному відновленні оксидів азоту до молекулярного азоту.

6.5 Очищення газів від аміаку

Аміак – токсичний газ, вихідна сировина у виробництві азотної кислоти. ГДК аміаку в повітрі населених пунктів 0,2 мг/м^3. Промислові гази можуть містити аміак в широкому інтервалі концентрацій. Очищення газів від аміаку заснован на його хорошій розчинності у воді та лужних властивостях.

Аміак легко видаляється із забруднених газів промиванням водою, іноді

додають додатковий ступінь доочищення розчином сірчаної або фосфорної кислоти:



$$NH_3 + H_2O = NH_4OH$$



$$2NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4$$



$$3NH_3 + H_3PO_4 = (NH_4)_3PO_4$$

Адсорбцію аміаку водою проводять у системі, що складається з послідовно увімкнених насадок і тарілчастих колон при тиску 1,6 МПа і температурі 60 °С з отриманням товарного продукту – аміачної води.

Найбільш екологічним є метод каталітичного розкладання аміаку при підвищених температурах:



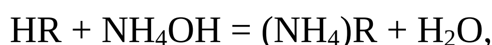
$$2NH_3 = N_2 + 3\ H_2$$

Утворений при цьому газ містить таку кількість водню, що може згоряти з виділенням великої кількості теплоти.

Очищення газів від аміаку при невеликому вмісті цього компонента в газових сумішах можна проводити, використовуючи активоване вугілля або великопористі іоніти. На активованому вугіллі має місце процес адсорбції аміаку. На іонітах – процес іонообмінної адсорбції, в якому бере участь гідроксид амонію, що утворюється в присутності вологи в газі, що очищується:



$$NH_4OH = NH_4^+ + OH^-$$



$$HR + NH_4OH = (NH_4)R + H_2O,$$

де HR – катіоніт у Н-формі.

Катіоніт регенерують, промиваючи водою або слабким розчином кислоти.

У рекупераційній техніці поряд з іншими методами для уловлювання парів летких розчинників використовують методи конденсації і компресування. В основі методу конденсації лежить явище зменшення тиску насиченої пари

розчинника при зниженні температури. Суміш парів розчинника з повітрям попередньо охолоджують у теплообміннику, а потім конденсують. Перевагами методу є простота апаратурного оформлення та експлуатації рекупераційної установки. Однак проведення процесу очищення пароповітряних сумішей методом конденсації сильно ускладнено, оскільки вміст парів летких розчинників у цих сумішах зазвичай перевищує нижню межу їх вибуховості. До недоліків методу належать також високі витрати холодильного агента й електроенергії та низький відсоток конденсації пари (вихід) розчинників - зазвичай не перевищує 70–90 %. Метод конденсації є рентабельним лише при вмісті парів розчинника в потоці, що піддається очищенню, понад 100 г/м^3, це істотно обмежує сферу застосування установок конденсаційного типу.

Метод компресування (стиснення газу компресором для його скраплення з метою отримати які-небудь речовини, що містяться в ньому) базується на тому самому явищі, що і метод конденсації, але стосовно до парів розчинників, які перебувають під надлишковим тиском. Однак метод компресування складніший в апаратурному оформленні, оскільки в схемі уловлювання парів розчинників необхідний компресувальний агрегат. Крім того, він зберігає всі недоліки, властиві методу конденсації, і не забезпечує можливість уловлювання парів летких розчинників при їх низьких концентраціях.

Термічні методи (методи прямого спалювання) застосовуються для знешкодження газів від легкоокиснюваних токсичних, а також домішок, що мають неприємний запах, засновані на спалюванні горючих домішок у топках печей або факельних пальниках.

Перевагою методу є простота апаратури, універсальність використання. Недоліки цього методу – додаткова витрата палива при спалюванні нізькоконцентрованих газів, а також необхідність додаткового абсорбційного або адсорбційного очищення газів після спалювання.

Слід зазначити, що складний хімічний склад викидів і високі концентрації токсичних компонентів заздалегідь зумовлюють необхідність використовувати багатоступеневі схеми очищення, що являють собою комбінацію методів.

Контрольні запитання

1. На яких видах палив можуть працювати високотемпературні агрегати силікатної промисловості? Джерелами яких видів забруднень вони є?

2. Охарактеризуйте методи очищення промислових газових викидів від газоподібних і пароподібних забруднень.

3. Охарактеризуйте основні адсорбенти, що застосовуються при очищенні відпрацьованих газів.

4. Методи очищення газів від оксидів вуглецю.

5. Методи очищення газів від сірководню.

6. Методи очищення газів від оксидів сірки.

7. Методи очищення газів від оксидів азоту.

8. Методи очищення газів від аміаку.

7 ТЕХНОГЕННЕ ЗАБРУДНЕННЯ ГІДРОСФЕРИ

Вода – найважливіший природний ресурс, що використовується в промисловому виробництві. Можна виділити чотири найбільш значущі напрями використання води в технологічних процесах:

– вода 1 категорії використовується для охолодження рідких і конденсації газоподібних продуктів у теплообмінних апаратах без дотику з продуктом; вода нагрівається і практично не забруднюється; можуть мати місце лише аварійні витоки рідких і газоподібних продуктів у воду при несправних теплообмінних апаратах;

– вода 2 категорії служить як середовище, що поглинає різні нерозчинні (механічні) і розчинні домішки; вода не нагрівається, але забруднюється відповідними домішками;

– вода 3 категорії використовується так само, як вода 2-гої категорії, але з нагріванням (наприклад, очищення газів у скруберах, гасіння коксу та ін.);

– вода 4 категорії використовується як екстрагент і розчинник реагентів, хімічний реагент.

При прямотечійному водозабезпеченні промислових підприємств вода, що забирається з природного джерела, після участі в технологічному процесі повертається у водойму у вигляді стічної (відпрацьованої) води за винятком тієї кількості, що безповоротно витрачається у виробництві.

Утворені на підприємстві стічні води перед скиданням у водойму повинні проходити через очисні споруди, однак не всі підприємства їх мають, і стічні води можуть без очищення скидатися у водойму. При такому способі водозабезпечення виробництва з природних джерел забираються великі кількості чистої води, що повертається в природні середовища в дещо меншому об’єми, але містить токсичні для гідробіонтів забруднюючі речовини.

Стічні води – відпрацьовані води, подальше використання яких або неможливе з технічних умов, або недоцільне за техніко-економічними показниками.

При оборотному водозабезпеченні промислових підприємств частина стічних вод повторно використовується у виробництві після їх очищення (та охолодження за необхідності). У ряді галузей промисловості (чорна металургія, нафтопереробна промисловість) 90–95 % стічних вод використовуються в системах оборотного водопостачання.

При таких системах оборотного водопостачання для компенсації безповоротних втрат води у виробництві, на охолоджувальних установках, на очисних спорудах, а також втрат води, що скидаються в каналізацію, здійснюється підживлення системи з водойм та інших джерел водопостачання. Підживлення систем оборотного водопостачання може здійснюватися постійно або періодично. Загальна кількість води, що додається, становить 5–10 % загальної кількості води, що циркулює в системі. Виробничі стічні води протягом зміни можуть надходити рівномірно і нерівномірно. Можливі залпові надходження висококонцентрованих і високотоксичних стічних вод, при цьому періодичність скидання може бути 1 раз за зміну, за добу, за тиждень. Режим спускання виробничих стічних вод визначається регламентом технологічного процесу (цехів і підприємства в цілому). Впродовж доби можуть також змінюватися окремі показники властивостей стічних вод.

Стічні води, що відводяться з території промислових підприємств, поділяються на три види: виробничі, побутові, атмосферні.

Виробничі стічні води – це води, використані в технологічному процесі. Вони включають дві основні категорії: забруднені і незабруднені (умовно чисті).

Забруднені стічні води можуть містити домішки: а) мінеральні, б) органічні, в) бактеріальні, г) біологічні. До мінеральних забруднень належать: пісок, глинисті частинки, частинки руди, шлаку, розчинені у воді неорганічні речовини, мінеральні масла та ін. Органічні забруднення можуть бути рослинного і тваринного походження. До рослинних належать залишки рослин, плодів, паперу, рослинних масел та ін. До забруднень тваринного походження належать фізіологічні виділення людей і тварин, залишки тканин тварин,

клейові речовини та ін. Бактеріальні й біологічні забруднення за хімічним складом є органічними забрудненнями, але виділені в окрему групу зважаючи на особливості взаємодії з іншими видами забруднень. Вони являють собою різні мікроорганізми: гриби, водорості, бактерії.

Побутові стічні води – це води від санітарних вузлів виробничих і невиробничих корпусів і будівель, душових установок та ін.

До атмосферних стічних вод належать дощові і талі води.

Склад стічних вод залежить від характеру використання чистої води в промисловості, поліпшення умов збирання всіх видів вод на території підприємства або великої промислової зони. Класифікація стічних вод, заснована на характеристиці їх як дисперсних систем, що містять частинки домішок певних розмірів: грубодисперсні, колоїдний розчин, молекулярний розчин, розчин електроліту.

Група 1. Стічні води являють собою один із видів грубодисперсної системи з розмірами частинок 10^{-1}–10^{-3} см (суспензії, емульсії, патогенні мікроорганізми і планктон). Наявність такого виду забруднень обумовлює каламутність води.

Група 2. Стічні води являють собою колоїдні розчини забруднень у воді, а також розчини високомолекулярних сполук. Розміри частинок забруднень порядку 10^{-5}–10^{-6} см. Наявність такого виду забруднень обумовлює окиснюваність і кольоровість стічної води.

Група 3. Стічні води являють собою молекулярні водні розчини газів і деяких органічних речовин, розміри частинок забруднень приблизно 10^{-7} см. Наявність такого виду забруднень обумовлює запахи і присмаки води.

Група 4. Забруднення в стічній воді утворюють іонні розчини з розмірами частинок порядку 10^{-8} см. Наявність такого виду забруднень обумовлює мінералізацію води.

Загальні умови спускання виробничих стічних вод у водойми регламентуються нормативними документами. Після спускання стічних вод допускається деяке погіршення якості води у водоймах. Поняття якості води

включає в себе сукупність показників складу та властивостей води, що визначають придатність її для конкретних видів водокористування і водоспоживання. За характером водокористування та нормування якості води водойми поділяються на дві категорії:

I – водойми питного і культурно-побутового призначення;

II – водойми рибогосподарського призначення.

У водних об’єктах першого типу склад та властивості води повинні відповідати нормам у створах, розташованих на відстанях 1 км вище за течією водотоків та в радіусі 1 км від найближчого пункту водокористування. У водоймах другого типу показники якості води повинні відповідати нормам у місці випускання стічних вод за наявності течії, при її відсутності – не далі 500 м від місця випускання.

Оцінка якості води проводиться за такими показниками: вміст зважених речовин, запах, присмак, забарвлення, температура води, значення pH, наявність кисню та органічної речовини, наявність токсичних домішок. Токсичні речовини нормуються за лімітуючими показниками шкідливості (ЛПШ), які розуміють як найбільший негативний вплив, завданий певною речовиною. При оціненні якості води у водоймах першого типу використовують три види лімітуючих показників шкідливості (ЛПШ): санітарно-токсикологічний, загальносанітарний, органолептичний. У водоймах другого типу використовують додатково ще два види ЛПШ: токсикологічний і рибогосподарський.

Вода вважається чистою, якщо її склад і властивості за жодним із показників не виходять за межі встановлених нормативів, а вміст шкідливих речовин не перевищує гранично допустимих концентрацій (ГДК).

Таблиця 7.1 – Вимоги до складу та властивостей води природної водойми (Після змішування зі стічними водами)

Склад та властивості води	Категорія водокористування	
	водойми питного та культурно-побутового призначення	водойми рибогосподарського призначення
Зважені речовини	перевищення по відношенню до природних не більше 0,25 мг/л	перевищення по відношенню до природних не більше 0,75 мг/л
Плаваючі речовини	на поверхні води не повинно бути плівок мастил, нафтопродуктів, жирів та інших плаваючих речовин	на поверхні води не повинно бути плівок мастил, нафтопродуктів, жирів та інших плаваючих речовин
Запахи, присмаки	не повинно бути (запаху та присмаку інтенсивністю більше 3 балів)	вода не повинна мати сторонніх запахів і присмаків та передавати їх м’ясу і рибі
Забарвлення	не повинна виявлятися в стовпчику висотою 20 см	не повинна виявлятися в стовпчику висотою 10 см
pH	6,5–8,5	6,5–8,5
Розчинений кисень	не менше 4 мг/л	не менше 6 мг/л
Збудники хвороб	не повинні вміщуватися	не повинні вміщуватися

Температура при спусканні стічних вод влітку не повинна підвищуватися більш ніж на 3 °С порівняно з середньою температурою води найбільш жаркого місяця року за останні 10 років.

Існують і набирають практичного застосування різні наближені методи оцінки якості води, засновані на гідробіологічних, бактеріологічних, гідрохімічних та інших характеристиках складу та властивостей води.

Контрольні запитання

1. Охарактеризуйте основні види забруднень стічних вод.

2. Класифікація стічних вод.

3. Вимоги до складу й властивостей води природньої водойми (після змішування зі стічними водами)

8 МЕХАНІЧНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

Промислові стічні води часто містять забруднюючі речовини, що утворюють гетерогенні системи з різним ступенем дисперсності забруднюючих речовин – суспензії, частинки дисперсної фази яких утворені нерозчинними у воді твердими речовинами. Для видалення таких частинок з води використовують процеси проціджування, відстоювання, фільтрування, що становлять сутність методів механічного очищення промислових стічних вод. Механічне очищення як самостійний метод застосовують в тих випадках, коли отриману очищену воду можна використовувати у виробництві або спускати в природні водойми. У всіх інших випадках механічне очищення служить попередньою стадією перед іншими видами очищення стічних вод (табл. 8.1).

Проціджування – це процес пропускання забрудненої стічної води через решітки і сита з метою уловлювання великих домішок. Нерухома решітка виконується у вигляді металевої рами, всередині якої встановлюється ряд паралельних стрижнів. Решітки ставлять на шляху руху стічних вод під кутом 60–75 °. Вода зі швидкістю 0,8–1,0 м/с проходить між стрижнями решітки, великі забруднення затримуються на ній і потім знімаються спеціальними механічними пристроями. Отримані тверді відходи підлягають подальшій переробці. Один із способів їх утилізації – зневоднення на механічному пресі з наступним спалюванням з домішкою дешевого палива.

Для видалення зважених частинок з розмірами порядку 0,5–1 мм застосовують сита (барабанні та дискові). Частинки затримуються на поверхні сита, потім змиваються з неї водою і відводяться в спеціальний жолоб.

Відстоювання застосовують для осадження зі стічних вод грубодисперсних домішок і виділення спливаючих домішок.

Піскоуловлювачі, відстійники, освітлювачі – апарати для осадження грубодисперсних домішок.

Таблиця 8.1 – Процеси і пристрої механічного очищення стічних вод

Процеси	Задача, що вирішується	Пристрій (устаткування)
Проціджування	видалення крупних домішок, видалення зважених частинок	–решітки (нерухомі та рухомі; споріднені з дробарками); –сіта (барабанні, дискові)
Відстоювання	осадження грубодисперсних домішок, видалення спливаючих домішок	–піскоуловлювачі; –відстойники (періодичної та непреривної дії); –нафтові та жирові пастки
Фільтрування	виділення тонкодиспергованих твердих або рідких речовин	– фільтри з зернистим шаром; – магнітні та мікрофільтри
Видалення зважених частинок під впливом відцентрових сил	видалення тонкодиспергованих твердих або рідких речовин	– гідроциклони (напірні та відкриті); – центрифуги

Піскоуловлювачі призначені для виділення зі стічних вод важких мінеральних домішок, насамперед піску, з розміром частинок 0,2–0,25 мм. Їх установлюють перед відстійниками. Робота піскоуловлювачів заснована на використанні гравітаційних сил. Розраховуються піскоуловлювачі так, щоб у них випадали важкі мінерали, але не випадав легкий осад органічного походження. За характером руху води піскоуловлювачі поділяються на горизонтальні – з круговим або прямолінійним рухом води, вертикальні – з рухом води знизу уверх і піскоуловлювачі з гвинтовим рухом води. Конструкцію піскоуловлювачів вибирають залежно від кількості стічних вод, концентрації забруднень. Найбільш часто використовують горизонтальні піскоуловлювачі. Вони являють собою лотік, що складається з однієї або

декількох секцій завширшки від 0,8 до 8 м, завглибшки до 1,2 м. Для створення рівномірних швидкостей в піскоуловлювачі вхід до нього виконують у вигляді плавного розширення, а вихід – у вигляді плавного звуження. Глибина шару осаду в піскоуловлювача залежить від кількості піску, що випадає, і від часу між очищеннями (не більше двох днів, щоб уникнути загнивання осаду).

Відстійники являють собою споруди, в яких з великого об'єму стічної води осідають або спливають грубодисперсні домішки. Залежно від призначення відстійників у технологічній схемі очисної станції вони поділяються на первинні і вторинні. Первинними називають відстійники перед спорудами для біохімічного очищення стічних вод, вториннми – такі, що використовуються для освітлення стічних вод, що пройшли біохімічне очищення. Щодо режиму роботи розрізняють відстійники періодичної дії і безперервної дії. У напрямку руху основного потоку води розрізняють відстійники горизонтальні, вертикальні, радіальні. У промисловості застосовують різні конструкції відстійників.

Горизонтальні відстійники являють собою прямокутні резервуари, що мають два або більше одночасно працюючих відділень (рис. 8.1).

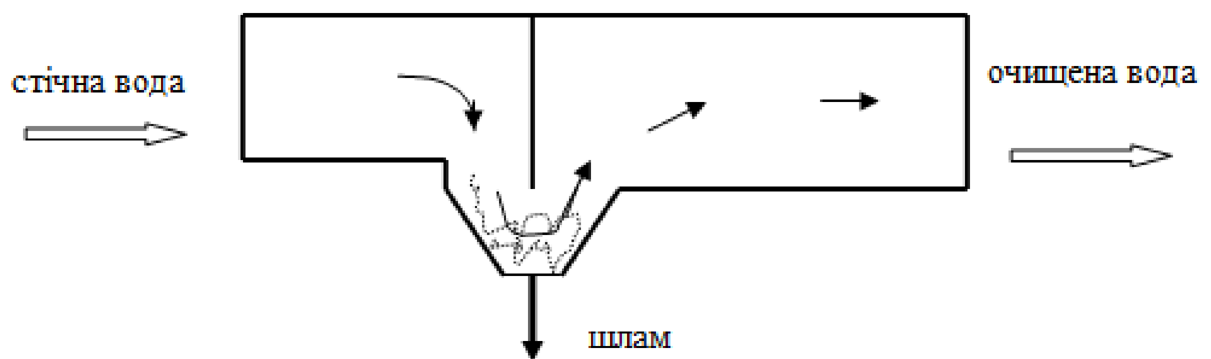


Рисунок 8.1 – Схема горизонтального відстійника.

Вода рухається від однієї сторони відстійника до іншої. Глибина відстійника 1,5–4 м, довжина в 8–12 разів більша від глибини, ширина

коридора 3–6 м. Поперечний лотік призначений для забезпечення рівномірного розподілення стічної води у відстійнику. Ефективність відстоювання досягає 60 %. Одержуваний у відстійнику осад необхідно видаляти і знешкоджувати. При залишенні осаду у відстійниках протягом тривалого періоду він загниває з виділенням газів і спливає.

Вертикальний відстійник є циліндричним (або квадратним у плані) резервуаром з конічним днищем. Стічна вода підводиться по трубі вниз відстійника і рухається потім знизу уверх (рис. 8.2).

Осадження проходить у висхідному потоці рідини, швидкість якого становить 0,5–0,6 м/с. Висота зони осадження 4–5 м.

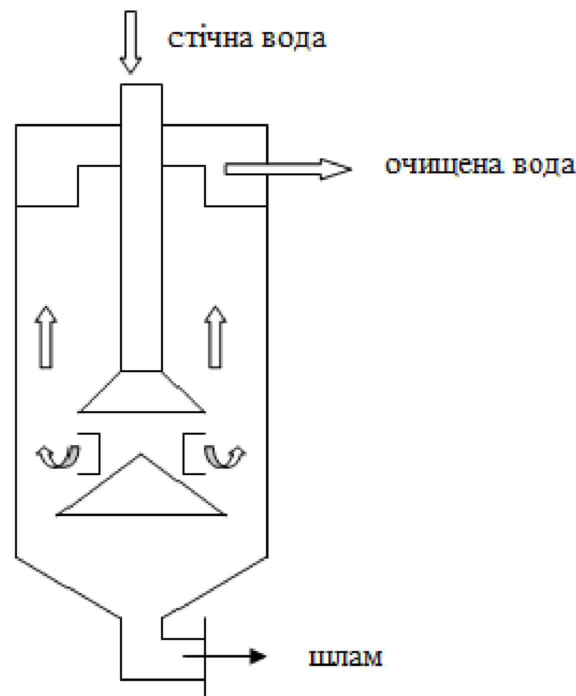


Рисунок 8.2 – Схема вертикального відстійника

Освітлювачі застосовуються для очищення природних вод і для попереднього освітлення стічних вод деяких виробництв. Використовують освітлювачі зі зваженим шаром осаду, через який пропускається вода, попередньо оброблена коагулянтом. Воду з коагулянтом подають у нижню частину освітлювача. Агрегати коагулянту у вигляді пухких пластівців

захоплюють частинки суспензії і піднімаються висхідною течією води на деяку висоту, утворюючи шар зваженого осаду, через який фільтрується вода. Осад видаляється з осадоущільнювача, а освітлена вода надходить на подальше очищення. Конструкції освітлювачів вельми різноманітні.

Нафтоуловлювачі та жироловки. Для виділення зі стічних вод спливаючих домішок – нафти, мастил, жирів – у промисловості використовують нафто- та жироловки. По суті ці пристосування є також відстійниками, але домішки тут концентруються на поверхні водного дзеркала, збираються і видаляються з верхньої частини такого відстійника.

Нафтоуловлювачі застосовують для очищення стічних вод, що містять грубодисперговану нафту і нафтопродукти при концентрації більше 100 мг/л. Нафтоуловлювачі являють собою прямокутні витягнуті в довжину резервуари, в яких відбувається розподіл нафти та води за рахунок різниці їх густини. Залишковий вміст нафтопродуктів у стічній воді становить 100 мг/л. Для уловлювання жирів застосовують жирові уловлювачі, що мають конструкцію, за основними елементами подібну до конструкції нафтоуловлювачів.

Фільтрування застосовують для виділення із стічних вод тонкодиспергованих твердих або рідких речовин. Основний конструкційний елемент очисних установок – фільтр, що являє собою пористу перегородку, що пропускає воду, але затримує частинки дисперсної фази. Як фільтри використовують металеві перфоровані листи та сітки з корозійностійкої сталі або інших металів і сплавів, тканини, кераміки. Функцію пористої перегородки (фільтра) може виконувати шар зернистого матеріалу – піску, гравію, коксу та ін. Матеріал фільтра має бути стійкий до впливу води, що очищається, термічно стійкий, механічно міцний.

Фільтр із зернистим шаром являє собою резервуар із дренажним пристроєм, на якому розташований зернистий шар, через який пропускається та очищується стічна вода. Забруднення затримуються фільтрувальним шаром. За конструкцією фільтри з зернистим шаром можуть бути повільні і швидкісні (одношарові і багатошарові), відкриті і закриті. Швидкісні багатошарові

фільтри (рис.8.3) характеризуються більшою продуктивністю і ступенем очищення стічних вод. Промивання фільтра проводиться чистою водою при подачі її від низу до верху.

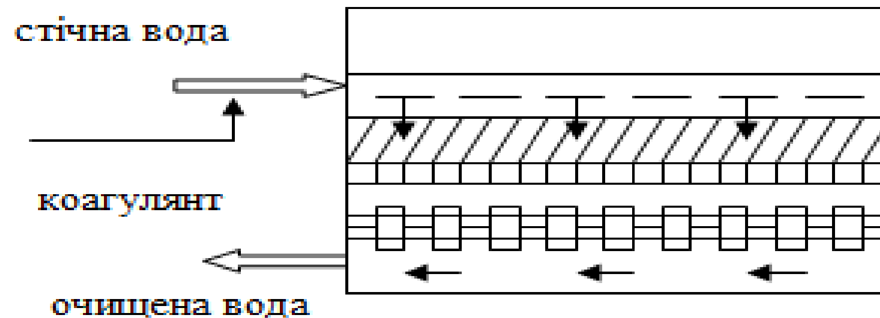


Рисунок 8.3 – Схема очищення стічної води в швидкісному фільтрі

Мікрофільтри являють собою шар сіток з отворами діаметра 40–70 мкм, їх застосовують для очищення стічних вод від волокнистих матеріалів. У магнітних фільтрах функція фільтрувальної перегородки виконується магнітом, який дозволяє видаляти зі стічних вод феромагнітні частинки розміром 0,5–5 мкм.

Контрольні запитання

1. Охарактеризуйте процеси й пристрої механічного очищення стічних вод.

2. Які пристрої механічного очищення стічних вод застосовуються при виробництві тугоплавких неметалічних і силікатних матеріалів?

3. Чи досить механічних методів для повного очищення стічних вод виробництва тугоплавких неметалічних і силікатних матеріалів?

9 ФІЗИКО-ХІМІЧНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

До фізико-хімічних методів очищення стічних вод належать: коагуляція, флокуляція, сорбція, флотація, екстракція, іонний обмін. Менше використовують такі методи, як діаліз, евапорація, випарювання, кристалізація, магнітна обробка, електрокоагуляція, електрофлотація. Фізико-хімічні методи набувають найбільшого поширення при очищенні виробничих стічних вод. Вони застосовуються як самостійно, так і в поєднанні з іншими методами.

Коагуляційне очищення – це метод очищення стічних вод від колоїдних частинок, заснований на властивості колоїдної системи в певних умовах втрачати агрегативну стійкість. Одним із видів коагуляції є флокуляція, при якій дрібні частинки, які у зваженому стані спеціально додаються до речовин (флокулянтів) і утворюють інтенсивно осідаючі пухкі скупчення (агрегати). Метод флокуляції застосовують для очищення виробничих стічних вод, що містять колоїдні частинки розміром 0,001–0,1 мкм. Стічну воду, що містить такі частинки, можна розглядати як стійку колоїдну систему, що складається з дисперсійного середовища (рідина) і частинок дисперсної фази, що несуть певний електричний заряд. Агрегативна стійкість обумовлена, передусім, взаємним відштовхуванням частинок, що несуть електричні заряди одного знака. Додавання в стічну воду електроліту призводить до коагуляції (злипання) частинок дисперсної фази з утворенням агрегатів, що осідають в полі сили тяжіння. Ефективність коагуляційного очищення залежить від багатьох факторів: складу стічних вод, виду колоїдних частинок, їх концентрації та ступеня дисперсності. Основним процесом коагуляційного очищення виробничих стічних вод є взаємодія колоїдних і дрібнодисперсних частинок забруднень з агрегатами, що утворюються при введенні в стічну воду коагулянтів. У промисловості набувають застосування різні коагулянти:

– солі алюмінію – сульфат алюмінію $Al_2 (SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, алюмінат натрію $NaAlO_2$, оксихлорид алюмінію $Al_2 (OH)_5Cl$, алюмокалієвий галун $[AlK (SO_4)_2 \cdot 18H_2O]$, алюмоамонійний галун $[Al (NH_4) (SO_4)_2 \cdot 12H_2O]$;

– солі заліза: залізний купорос $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, хлорид заліза (III) $FeCl_3 \cdot 6H_2O$, сульфат заліза (III) $Fe_2 (SO_4)_3 \cdot 6H_2O$;

– солі магнію: хлорид магнію $MgCl_3 \cdot 6H_2O$, сульфат магнію $MgSO_4 \cdot 7H_2O$;

– вапно;

–шламові відходи і відпрацьовані розчини окремих виробництв.

Для очищення інтенсивно забруднених стічних вод витрати коагулянту становлять 1–4 кг/м^3, об'єм що утворюється при коагуляції осаду, становить 10–20 % об'єму оброблюваної стічної води. Коагуляційний метод очищення застосовується переважно при невеликих витратах стічних вод і за наявності дешевих коагулянтів.

Флокулянти – речовини, що використовуються при коагуляційному методі очищення для підвищення щільності і міцності утворення пластівців, зниження витрати коагулянтів. Як флокулянти в промисловості застосовуються: оксиетилцелюлоза, полівініловий спирт, кремнієва кислота, поліакриламід, білки та ін. Процес проводять в освітлювачах.

Сорбційне очищення – це метод очищення, заснований на поглинанні забруднюючих речовин із стічних вод твердим тілом або рідиною. Тіло, що поглинає, називають сорбентом, а речовину, що поглинається, – сорбатом. Абсорбція – поглинання речовини всім об'ємом рідкого сорбенту. Адсорбція – поглинання речовини поверхневим шаром твердого або рідкого сорбенту. Сорбція, що супроводжується хімічною взаємодією сорбенту з речовиною, що поглинається, називається *хемосорбцією*. Сорбційне очищення може застосовуватися самостійно або спільно з іншими методами очищення для вилучення зі стічних вод цінних розчинених речовин, а також із метою подальшого використання очищеної води в системах оборотного водопостачання. Метод застосовують для очищення стічних вод від ароматичних сполук, барвників, вуглеводнів, слабких електролітів. При вмісті в стічних водах тільки неорганічних сполук, а також нижчих одноатомних спиртів цей метод непридатний. Як сорбенти застосовують різні штучні і

природні пористі матеріали: золу, коксовий дрібняк, торф, силікагелі, алюмогелі, активні глини, вугілля та ін.

Активність сорбенту характеризується масою поглинання речовини на одиницю об'єму або маси сорбенту (кг/м^3, кг/кг).

Процес сорбції може проводитися в статичних та динамічних умовах. Відповідно до цього розрізняють статичну і динамічну активність сорбенту. Статична активність сорбенту характеризується максимальною кількістю речовини, поглиненою одиницею об'єму або маси сорбенту до моменту досягнення рівноваги при постійній температурі рідини і початковій концентрації речовини. Динамічна активність сорбенту характеризується максимальною кількістю речовини, поглиненої одиницею об'єму або маси сорбенту до моменту появи сорбуючої речовини в фільтраті або при пропусканні стічної води через шар сорбенту.

Сорбція – процес зворотній. Швидкості протікання прямого (сорбція) і зворотного (десорбція) процесів пропорційні концентрації речовини в розчині і на поверхні сорбенту. Коли швидкості цих процесів стануть рівними, в системі встановлюється рівновага, що характеризується константою рівноваги – адсорбційною константою розподілу сорбату між сорбентом і розчином, її величина за інших рівних умов залежить від температури. Одним з основних критеріїв оцінюваня адсорбційних властивостей сорбенту є ізотерма адсорбції, що аналітично описується рівнянням Фрейндліха або Ленгмюра. Зазвичай ізотерму адсорбції для речовини, що знаходиться в стічній воді, визначають експериментально.

Якщо в стічній воді присутні кілька забруднюючих речовин, то слід визначати, можливість їх спільної адсорбції. Швидкість процесу адсорбційного очищення залежить від концентрації, хімічної природи розчинених речовин, температури води, властивостей адсорбенту.

Залежно від сфери застосування методу сорбційного очищення, розташування адсорберів у загальному комплексі очисних споруд, складу стічних вод, виду сорбенту вибирають певну схему сорбційного очищення та

тип адсорбера.

Насипний фільтр – найбільш простий вид адсорбера, який застосовують перед спорудами біологічного очищення. Він являє собою колону з нерухомим шаром сорбенту, через який фільтрується стічна вода. Найбільш раціональний напрямок фільтрування рідини – від низу до верху. В цьому випадку відбувається рівномірне заповнення колони по всьому перетину, що дає можливість легко витіснятися бульбашкам повітря або газів, які потрапляють в шар сорбенту разом зі стічною водою. У колоні на без провальну решітку з отворами 5−10 мм і кроком 10–20 мм укладається підтримуючий шар дрібного щебеню і крупного гравію заввишки 40−50 см, далі – шар зерен сорбенту. Зверху шар сорбенту закривають шаром гравію і щебеню, решіткою. Процес десорбції проводять за допомогою розчинників або пари.

Сорбційна установка являє собою кілька паралельно працюючих секцій, що складаються з 3−5 послідовно розташованих фільтрів.

При досягненні граничного насичення головний фільтр вимикається на регенерацію, вода подається на наступний фільтр. Після регенерації головний фільтр вмикається в схему очищення вже як останній ступінь.

Змішувачі застосовуються при проведенні процесу сорбційного очищення в статичних умовах із послідовним введенням сорбенту.

Процес проводять при інтенсивному перемішуванні оброблюваної стічної води з сорбентом протягом певного часу і подальшого відділення сорбенту від води відстоюванням, фільтруванням та ін. При послідовному введенні нових порцій сорбенту в воду, що підлягає очищенню, можна максимально витягти з неї забруднюючі речовини. Глибина вилучення забруднення буде визначатися адсорбційною константою розподілу адсорбату між сорбентом і розчином.

При відносно високому вмісті в стічній воді дрібнодиспергованих зважених частинок, замулюються сорбенти, а також у випадках, коли рівновага встановлюється повільно, застосовують процес сорбційного очищення з псевдозрідженим шаром (рис.9.1).

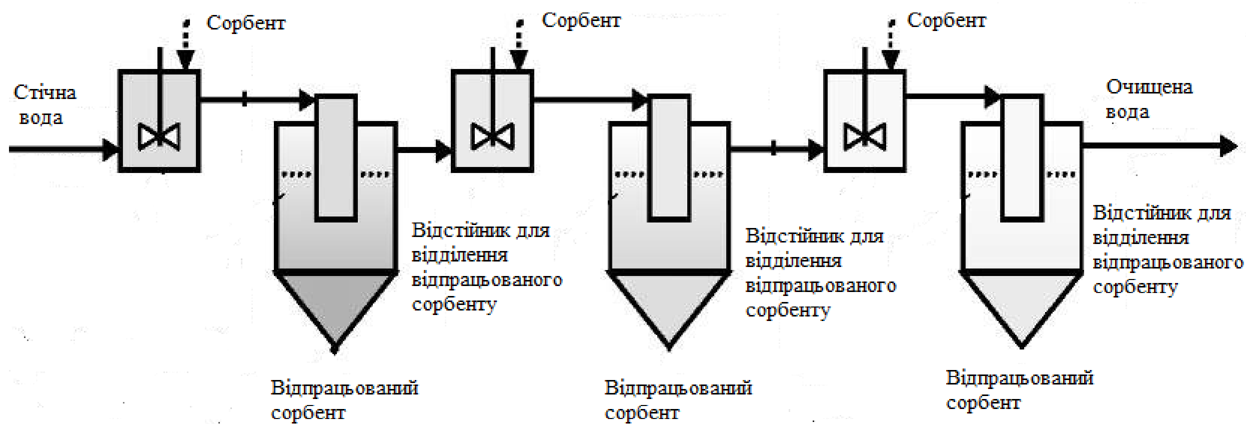


Рисунок 9.1 Схема установки сорбційного очищення в статичних умовах з послідовним введенням сорбенту

Псевдозрідження шару настає при підвищенні швидкості потоку очищення стічної води, що проходить від низу до верху апарата, до такої величини, при якій зерна шару, що розширився, починають інтенсивно і безладно переміщатися в його об'ємі, що зберігає постійну для цієї швидкості потоку води висоту. Процес проводять у циліндричних одноярусних адсорберах.

Циліндричний одноярусний адсорбер для очищення в псевдорозрідженому шарі являє собою колону висотою близько 4 м. Верхня частина її має розширення, діаметр якого в 1,5–2 рази більший від діаметра колони, дно колони має конічну форму. Безпосередньо над конічним дном встановлюється розподільна решітка з отворами 5–10 мм, на яку завантажується активоване вугілля. Висота нерухомого шару вугілля становить 2,5–2,7 м. У нижню частину апарата надходить стічна вода зі швидкістю, що забезпечує розширення шару в 1,5–1,6 раза. Вугілля рівномірно подається в апарат з бункера з автоматичним дозатором. Сорбент у вигляді 5–20 %-вої суспензії подається в нижню частину колони під решітку, де змішується з водою для очищення. Суміш проходить через отвори решітки. Над решіткою утворюється псевдозріджений шар, в якому проходить процес сорбції забруднень. Надлишок вугілля надходить до збірника, потім – на регенерацію.

Очищена вода відводиться з верхньої частини колони.

Сорбційне очищення може бути:

– регенеративне, коли витягнуті речовини утилізуються;

– деструктивне, коли витягнуті речовини знищуються.

Залежно від призначення сорбційного очищення застосовують різні методи регенерації сорбенту. Для вилучення адсорбованих речовин використовують екстракцію їх органічним розчинником, відгонку адсорбованої речовини з водяною парою, випаровування адсорбованої речовини струмом газоподібного інертного теплоносія. Легколеткі органічні речовини десорбують повітрям, інертними газами, перегрітою парою. При цьому температура повітря повинна бути 120–140 °С, перегрітої пари – 200–300 °С, а інертних газів – 300–500 °С. Як розчинники при десорбції можуть використовуватися легколеткі органічні речовини (дихлоретан, бутилацетат та ін.). Розчинник відганяється з сорбенту перегрітою водяною парою. При деструктивному очищенні застосовують термічні або окиснювальні методи (в безкисневому середовищі). При цьому частина сорбенту неминуче втрачається.

Флотація – метод очищення промислових стічних вод від гідрофобних дрібнодисперсних забруднень заснований на явищі змочування рідиною твердих або рідких поверхонь, що змішуються з нею. Метод застосовують для видалення зі стічних вод нерозчинних у воді диспергованих забруднень, які мимовільно погано відстоюються в умовах механічного очищення. Процес флотаційного очищення полягає у видаленні гідрофобних частинок забруднень за рахунок прилипання їх до спливаючих бульбашок повітря з утворенням пінного шару на поверхні стічної води, що підтягає очищенню.

Розрізняють такі способи флотаційного оброблення стічних вод:

1) флотація з виділенням бульбашок повітря з розчину;

2) флотація з механічним диспергуванням повітря;

3) флотація з подачею повітря через пористі матеріали;

4) електрофлотація;

5) біологічна і хімічна флотація.

Прилипання частинок до поверхні газової бульбашки можливо тільки тоді, коли частинка гідрофобна, тобто не змочується (або погано змочується) рідиною.

Змочування – це поверхневе явище, що полягає у взаємодії рідини з твердим (або іншим рідким) тілом за наявності одночасного контакту трьох фаз, що зміщуються, одна з яких зазвичай є газом (повітрям). Якщо краплю рідини нанести на тверду або на рідку поверхню, що не змішується з нею, то нанесена крапля:

а) може залишитися на поверхні у вигляді краплі певної форми, близької до кулястої (незмочування або погане змочування);

б) частково розтікається по поверхні, набуваючи форми кульового сегмента певної висоти (змочування).

Кут між дотичними до міжфазних поверхонь з вершиною в точці поділу трьох фаз, відрахований всередині рідини, називають крайовим кутом або кутом змочування. Величина крайового кута є кількісною характеристикою процесу змочування. Рідина не змочує тверду поверхню, якщо крайовий кут більше 90 °, така поверхня називається гідрофобною. Відповідно дисперсна частинка, поверхня якої не змочується водою, також називається гідрофобною.

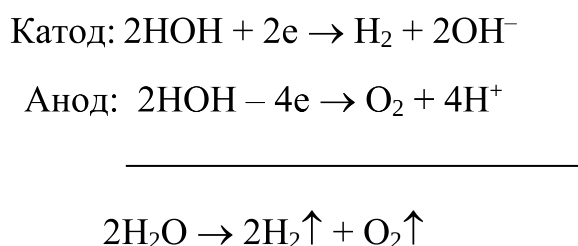
Ефективність процесу флотації визначається переважно адгезією між гідрофобною частинкою і бульбашкою повітря, а також швидкістю встановлення контакту між ними, тобто швидкістю розриву водної плівки, що їх розділяє. При виборі умов флотації необхідно враховувати також, що флотуюча (підйомна сила), що притискує частинку до бульбашки повітря (сила адгезії), повинна бути більшою від сили тяжіння.

Флотація з виділенням повітря з розчину застосовується при очищенні виробничих стічних вод, що містять дуже дрібні частинки забруднень. Метод заснований на залежності розчинності газів повітря у воді від тиску. Якщо при атмосферному тиску отримати насичений розчин газів повітря в стічній воді для очищення, а потім знизити тиск до 225–300 мм рт.ст., то в результаті зменшення розчинності газів у воді при зниженні тиску в об’ємі води, що

очищається, будуть утворюватися дрібні бульбашки повітря, які і флотують забруднення. Такий спосіб застосовується при вакуумній флотації. При напірній флотації схема отримання бульбашок повітря у воді при очищенні протилежна: воду насичують повітрям при підвищеному тиску, потім зовнішній тиск знижують, розчинність газів у воді зменшується, і вони виділяються в об'ємі води у вигляді дрібних бульбашок.

Флотація з механічним диспергуванням повітря. При перемішуванні струменя повітря у воді створюється інтенсивний вихровий рух, повітряний струмінь розпадається на окремі бульбашки. Механічне перемішування здійснюється за допомогою імпелера турбінами насосного типу. *Імпелер* – це диск з радіальними зверненими уверх лопатями. При обертанні імпелера в рідині виникає велика кількість дрібних вихрових потоків, що розбиваються на бульбашки певної величини. Ефективність очищення залежить від швидкості обертання імпелера.

Електрофлотація відрізняється від інших способів флотаційного очищення стічних вод тим, що бульбашки газу утворюються при електролізі води. На катоді відбувається відновлення води з утворенням молекулярного водню, на аноді – виділяється кисень (при використанні інертних електродів):



$$\text{Катод: } 2HOH + 2e \rightarrow H_2 + 2OH^-$$

$$\text{Анод: } 2HOH - 4e \rightarrow O_2 + 4H^+$$

$$2H_2O \rightarrow 2H_2\uparrow + O_2\uparrow$$

Флотація з подачею повітря через пористі матеріали проводиться пропусканням повітря через пористі керамічні пластини або ковпачки, труби, насадки, укладені на дні флотаційної камери. Недоліком методу є можливість заростання і засмічення пір, а також труднощі вибору матеріалів, що забезпечують вихід дрібних, близьких за розміром бульбашок.

При використанні неінертних електродів (залізних або алюмінієвих) на

аноді відбувається анодне окиснення металу, який у вигляді пластівців гідроксиду переходить у воду, що очищається. На пластівцях коагулянту закріплюються бульбашки повітря, відбувається інтенсивна коагуляція забруднень. Процес у цілому називають електрокоагуляційно-флотаційним (або електрофлотокоагуляцією).

Біологічна флотація застосовується для ущільнення осадів стічних вод. При біологічній флотації осад з первинних відстійників підігрівається парою в спеціальній ємності до 35–55 °С і за цих умов витримується кілька діб. В результаті діяльності мікроорганізмів виділяються бульбашки газів, що флотують чанстики осаду в пінний шар, де вони ущільнюються і зневоднюються.

Хімічна флотація відрізняється тим, що для отримання бульбашок газу в воду, що очищається, додаються спеціальні реагенти. При реакції реагентів з водою або забрудненнями у воді виділяються газоподібні речовини: O_2, CO_2, Cl_2 та інші.

Екстракційне очищення стічних вод засновано на розподілі забруднюючих речовин між двома рідинами, що не змішуються згідно з розчинністю в них (рідкофазна екстракція).

Метод екстракційного очищення доцільно застосовувати при значній концентрації розчинених у воді органічних речовин (3–4 г/л) або при високій вартості речовини, що витягується. Процес очищення проводиться в кілька стадій:

1) підготовка води перед екстракцією (відстоювання, фільтрування, нейтралізація, охолодження);

2) інтенсивне змішування стічної води з екстрагентом (органічним розчинником) в екстракційних колонах; в результаті утворюється екстракт – розчин витягує речовини в екстрагенті та рафінаді – стічна вода з деякою невеликою кількістю екстрагенту;

3) регенерація екстрагенту з екстракту;

4) регенерація екстрагенту з рафінаду.

Для успішного проведення процесу екстракції екстрагент повинен відповідати таким вимогам:

– мати велике значення коефіцієнта розподілу по відношенню до речовин, що екстрагуються, і малу розчинність у воді;

– володіти великою селективністю по відношенню до однієї речовини або групи речовин, що видобуваються;

– не утворювати з водою стійких емульсій;

– значно відрізнятися за густиною від стічної води;

– мати температуру кипіння, що значно відрізняється від температури кипіння екстрагованих речовин;

– мати малу токсичність і вибухобезпечність;

– не взаємодіяти хімічно з вилученими речовинами, матеріалами та обладнанням;

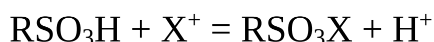
– регенеруватися простим і дешевим способом та ін.

Для очищення промислових стічних вод найбільш часто застосовують процеси протитечійної багатоступеневої екстракції і безперервної протитечійної екстракції.

Іонний обмін (іонообмінна сорбція) – метод очищення стічних вод, заснований на реакції обміну між іонами, що знаходяться в складі води, яка підлягає очищенню, та рухливими іонами, що входять до складу поліелектролітів іоніту.

Застосування методу іонного обміну дозволяє витягувати зі стічних вод сполуки миш'яку, фосфору, іони металів, ПАР, радіоактивні речовини, очищати стічну воду для використання в системах оборотного водопостачання. Практичне значення мають неорганічні природні і штучні алюмосилікати, гідроксиди та солі багатовалентних металів; застосовуються іоніти, отримані хімічним обробленням вугілля, целюлози, лігніну. Однак найбільшого застосування в промисловості набувають синтетичні органічні іоніти – іонообмінні смоли. Вони являють собою полімери, вуглеводневі радикали

мономерних ланок яких утворюють просторову сітку з фіксованими на ній функціональними групами, що можуть брати участь у реакціях іонного обміну. При пропущенні стічної води, що містить іони-забруднювачі, протікає реакція обміну іонами між іонітом і розчином (стічна вода), в результаті чого забруднення виявляється пов'язаним із полімерним нерозчинним іоном, наприклад:



$$RSO_3H + X^+ = RSO_3X + H^+$$

де X^+ – забруднення; RSO_3H – катіоніт у Н-формі.

Іонний обмін у більшості випадків є зворотним. Реакція проходить до встановлення іонообмінної рівноваги. Швидкість встановлення рівноваги залежить від багатьох чинників: швидкості пропускання води, що підлягає очищенню, через шар іоніту; концентрації іонів; структури зерен і фізичних властивостей іоніту та ін. При зіткненні іонітів з водою відбувається їх набухання, об'єм іонітів при цьому збільшується в 1,2–2 рази. Ступінь набухання залежить від хімічної будови смоли, складу розчину. Набухання впливає на швидкість і повноту іонного обміну іонів, а також – на селективність іоніту. З метою підвищення селективності іонітів до певних металів до складу смоли вводять речовини, здатні утворювати з іонами металів комплексні сполуки.

Найважливішою властивістю іонітів є їх обмінна ємність. Повна обмінна ємність визначається як кількість моль іонів, які може поглинути 1 $м^3$ іоніту до повного насичення. Робоча ємність іоніту – кількість моль іонів, яку може поглинути 1 $м^3$ іоніту до початку проскочування у фільтрат поглинаючих іонів. Іоніти випускають у вигляді порошку з розмірами частинок 0,04–0,07 мм, гранул розміром 0,3–2,0 мм, волокнистого матеріалу, листів і плиток.

Процеси іонообмінного очищення стічних вод проводять на установках безперервної і періодичної (фільтри) дії. Фільтр періодичної дії – це закритий

циліндричний резервуар із розташованим у дні щілинним дренажним пристроєм, що забезпечує рівномірне відведення води по всьому перетину фільтра. Висота шару завантаження іоніту 1,5–2,5 м. Фільтр може працювати при різних режимах подачі стічної води і регенеруючого розчину: а) вода і регенеруючий розчин подаються зверху; б) стічна вода подається знизу, а регенеруючий розчин – зверху.

Регенерація катіонітів здійснюється промиванням кислотою (Н-катіоніту) або розчином хлориду натрію (Na-катіоніту). Регенерація слабоосновних аніонітів досягається промиванням їх розчинами гідроксиду натрію, соди або гідроксиду амонію. Процес регенерації іонітів складається з трьох стадій: розпушування іоніту, власне регенерація та відмивання іоніту від продукту регенерації і надлишку регенеруючої речовини. Об'єм промивних вод зазвичай становить 70–100 % об'єму регенеруючого розчину. До недоліків іонообмінних фільтрів періодичної дії належать: великі об'єми апаратів, значна витрата реагентів, велика маса сорбенту, складність автоматизації процесу. Цих недоліків не мають установки апаратів безперервної дії.

Колони безперервної дії можуть працювати як з рухомими шарами смоли, так і з киплячим шаром. Іоніт рухається по замкненому контуру, послідовно проходячи стадії сорбції, регенерації і промивання. Апарати прості в конструкційному виконанні й ефективні в роботі.

Інші фізико-хімічні методи очищення стічних вод поширені значно рідше:

– **евапорація** – метод видалення зі стічних вод легколетких речовин шляхом відгону їх з водяною парою або шляхом відгону зі стічної води азеотропних сумішей води з забрудненнями;

– **випарювання** – випаровування води зі стічних вод при підвищених температурах (100 °C);

– **випаровування** – мимовільне видалення води з відкритих поверхонь стічних вод, що протікає при будь-яких температурах;

– **кристалізація** – видалення забруднень із стічних вод за рахунок

зменшення розчинності забруднень при зниженні температури води;

– магнітна обробка – витягнення феромагнітних домішок за допомогою магнітів (електромагнітів).

Контрольні запитання

1. Дайте характеристику основних фізико-хімічних методів очищення стічних вод.

2. Які фізико-хімічні методи очищення стічних вод використовуються вкрай рідко й чому?

3. Які фізико-хімічні методи та пристрої очищення стічних вод застосовуються при виробництві тугоплавких неметалічних і силікатних матеріалів?

10 ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСІВ ПИЛООЧИЩНННЯ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ТУГОПЛАВКИХ НЕМЕТАЛЕВИХ І СИЛІКАНТИХ МАТЕРІАЛІВ

Основні схеми виробництва ряду будівельних матеріалів включають в себе видобування, доставлення, подрібнення (дроблення, помел), розсіювання сировини, перемішування основної сировини з домішками, водою та іншими сполучними речовинами, пресування, сушіння і в більшості випадків випалювання виробів.

Для приготування багатокомпонентних сумішей застосовують вагові дозатори різних типів. Сировинна суміш перемішується в змішувачах. Процес виробництва зазвичай закінчується сортуванням (відбраковкою) виробів, а при отриманні кінцевого продукту у вигляді сипучого матеріалу – механічним пакуванням його в тару.

Для цих схем виробництва характерна наявність стрічкових конвеєрів великої протяжності та інших транспортних пристроїв, що переміщують матеріали різного ступеня подрібнення, вологості і температури.

У виробництві алюмосилікатних і магнезіальних матеріалів випалу підлягають не тільки напівфабрикати, а й сировина. При напівсухому формуванні керамічних виробів сушіння і випалення на сучасних заводах в окремих випадках об'єднуються в загальному сушильно-пічному тунельному агрегаті.

Пил виділяється майже на всіх етапах виробництва. Найбільша кількість пилу утворюється при прийманні сировини на складах, дробленні і помелі, випалюванні подрібненої сировини, просіюванні, транспортуванні і навантаженні порошкоподібних матеріалів (особливо обпалених). За відсутності або недосконалості систем аспірації концентрація пилу в повітрі робочої зони може бути дуже великою та перевищувати гранично допустимі концентрації.

В сучасній технології виробництва різних будівельних виробів та

матеріалів намітилася тенденція застосування порошкоподібних мас, що може призвести до збільшення пилоутворення. Тому при розробленні нових технологічних схем необхідно приділяти особливу увагу заходам щодо запобігання пиловиділення.

Одним із значних джерел забруднення повітря є відкриті склади нерудних матеріалів. Наявність таких складів обумовлена технологічним процесом. Відкриті склади сипучих будівельних матеріалів, що створюють розосереджені на великих площах джерела пиловиділення, особливо небезпечні, оскільки пил від них поширюється в потоках повітря безпосередньо над землею. Ці джерела пиловиділення в даний час не враховуються при розрахунках максимальної приземної концентрації пилу.

Основними напрямами у вирішенні проблеми знепилювання можуть бути, зокрема, такі:

1) максимальне зниження висоти розвантаження матеріалу;

2) будівництво закритих складів (наметів) з легких і дешевих будівельних конструкцій.

При транспортуванні стрічковим конвеєром сипучого матеріалу невеликої вологості пил виділяється тим інтенсивніше, чим вища швидкість конвеєра. Виходячи з умов пилоутворення, швидкість руху конвеєрної стрічки не повинна перевищувати 0,7–1 м/с.

Великого поширення в останні роки набули скребкові конвеєри із зануреними скребками. Герметично закритий жолоб навіть при транспортуванні сипучих матеріалів досить надійно забезпечує роботу конвеєра від виділення пилу.

Основні труднощі при вирішенні питання знепилювання процесу розвантаження полягють в неможливості його максимальної герметизації.

Дуже поширені пересувні стрічкові конвеєри, що встановлюються в надбункерному приміщенні і переміщуються уздовж всього бункера. Конвеєр має дві розвантажувальні головки (передню і задню) та забезпечений реверсивним приводом стрічки, що дозволяє проводити розвантаження

бункерів як через передню, так і задню головки.

Основним внутрішньоцеховим транспортом для переміщення сипучих матеріалів є пневматичний транспорт. Пневматичний транспорт має такі переваги:

1) повну герметизацію при навантаженні і транспортуванні по трубах;

2) порівняно невелику вартість устаткування і монтажу;

3) можливість повної автоматизації транспортування.

Впровадження пневмотранспорту дозволяє поліпшити санітарний стан підприємства внаслідок зниження запиленості повітря і вивільнити виробничі площі завдяки невеликим габаритам пневмотранспортуючих установок.

Падаючий подрібнений матеріал під час руху захоплює навколишнє повітря. Частинки матеріалу рухаються з прискоренням, через що відстань між ними у міру віддалення від місця вивантаження збільшується. Збільшення відстані між частинками пропорційно відношенню кінцевої швидкості матеріалу в момент зіткнення його зі стінками приймальної ємності або раніше вивантаженим матеріалом до його початкової швидкості. При ударі подрібненого матеріалу об тверду поверхню захоплене ним повітря забирає ті з дрібних частинок матеріалу, швидкість яких не перевищує швидкості повітряного потоку, що утворився. Захоплене матеріалом повітря після зіткнення з поверхнею змінює свій напрямок, утворюючи віялово спрямовані по поверхні матеріалу струмені. Винесення пилових частинок відбувається здебільшого по периметру струменя сипучого матеріалу в місці його удару об поверхню конуса насипного матеріалу. Частина повітря, що втянуто матеріалом, залишається в його товщі, створюючи зони підвищеного тиску. Після досягнення деякого критичного тиску це повітря виділяється, утворюючи миттєві викиди пилу. Такі викиди особливо характерні при вивантаженні порошкових матеріалів.

З розгляду процесів захоплення повітря падаючим матеріалом видно, що пилоутворення залежить від кінетичної енергії падаючого матеріалу. Чим більше енергії передається частинками матеріалу повітрю, тим більший об’єм

повітря захоплюється і тим більшу швидкість він придбає.

При проектуванні аспіраційних установок для видалення пилу, що утворюється при падінні порошкоподібних і сипучих вантажів, важливо мати можливість попередньо розрахувати кількість пилу, що виділяється. Це необхідно для оцінення технологічного процесу за пиловим чинником і розроблення заходів щодо зниження пилоутворення. Для розробки ефективних способів боротьби з пилом необхідні якісні та кількісні характеристики процесу пилоутворення, який до теперішнього часу вивчений недостатньо.

Кількість та дисперсний склад пилу, що утворюється при перевантаженні подрібненого матеріалу, коли він падає з деякої висоти, залежать, зокрема, від таких факторів: висоти падіння матеріалу і його швидкості в момент зіткнення з твердою поверхнею; витрати матеріалу і периметра його потоку в місці удару об поверхню; щільності, вологості та механічної міцності частинок (шматків) матеріалу.

Завдання визначення кількості пилу, що утворюється при наявності такої великої кількості факторів, що впливають на процес пилоутворення, достатньо важке. Наявні дослідження не дають повної відповіді на ряд запитань. Кількість пилу, що виділяється при ударі падаючого сипкого матеріалу об поверхню, залежить від витрати і дисперсного складу матеріалу, а також від швидкості руху повітря в місці зіткнення матеріалу з поверхнею приймального пристрою.

В результаті обертання ротора в кожусі дробарки і прилеглих до нього жолобів створюються спрямовані потоки повітря. За відсутності матеріалу в дробарки по прилеглих до них жолобах нагнітають максимальний об’єм повітря. Тому розрахунок об’єму аспірованого повітря виконується на випадок, коли обладнання працює на холостому ходу.

У молоткових дробарках (одно- і двороторних) матеріал подрібнюється внаслідок удару швидкообертових молотків. При цьому шматки матеріалу відкидаються на футеровку дробарки, вдаряючись один з одним. Одже місцем виділення пилу буде пластина, а місце падіння дробленого матеріалу – транспортер.

Бігуни розчавлюють матеріал між нерухомою плитою і катком, що котиться по цій плиті. Бігуни – тихохідні машини, і значного виділення пилу при їх роботі не спостерігається. Запилювання здебільшого можна побачити під час завантаження і вивантаження матеріалу.

У кульовому млині матеріал подрібнюється шляхом удару при вільному падінні і часткового стирання при перекочуванні сталевих куль. Пил у кульовому млині утворюється у місцях його завантаження та вивантаження.

Відцентрові подрібнюючі машини (дезінтегратори) під час роботи захоплюють повітря і викидають його разом із подрібненим продуктом. При цьому запилене повітря має віддалятися не з дезінтеграторів, а з укриття того обладнання, в яке надходить подрібнений матеріал.

Для просіювання матеріалу використовують нерухомі і рухомі грохоти. Найчастіше застосовують рухливі грохоти різних конструкцій. При русі грохота матеріал розподіляється по всій поверхні сита, в результаті чого полегшується проходження його зерен через шар матеріалу. Простою конструкцією відзначаються грохоти барабанного типу, наприклад сито-БУРАТ. Грохочення матеріалу можливе лише при його русі по поверхні, що просіюється. Рух матеріалу створюється зворотно-поступальним коливанням сита в похилій або горизонтальній площині. Домішки і шматки, що не пройшли через сита, потрапляють у відсів.

Для рівномірного надходження матеріалу в технологічне обладнання, наприклад млин, використовують тарілчасті та лоткові живильники і живильники інших конструкцій.

Нормальний стан повітряного середовища у виробничих приміщеннях, що характеризуються виділенням пилу, може бути забезпечений тільки при виконанні комплексу технологічних, будівельних і санітарно-технічних заходів. Часто припускаються помилок, вважаючи, що лише шляхом влаштування вентиляції можна повністю усунути надходження пилу в повітря виробничих приміщень, забуваючи про інші засоби, застосування яких у багатьох випадках є вирішальним для очищення повітря.

При влаштуванні вентиляції потрібно чітко уявляти місце, яке вона повинна займати в комплексі загальних заходів з боротьби із запиленістю. Неможлива, наприклад, ефективна вентиляція при вивантаженні матеріалу з машин у відкриті ємності, при ручних вантажно-розвантажувальних роботах, при переробленні порошків матеріалу в машинах, що не мають укриттів, при великій висоті падіння матеріалу без здійснення спеціальних заходів з гасіння кінетичної енергії падаючого матеріалу.

До заходів, які забезпечують вимоги, що висуваються до стану повітря робочої зони виробничих приміщень, виробничого обладнання та виробничих процесів, належать такі: максимально можлива герметизація пилячого устаткування, технологічного і транспортного обладнання та влаштування спеціальних укриттів у всіх місцях пилоутворення; зволоження подрібнених матеріалів до надходження у виробництво і на кожній стадії переробки в межах, що допускаються технологічним процесом; пристрій аспірації; ефективне очищення повітря аспіраційними системами перед викидом в атмосферу; блокування аспіраційних систем із технологічним обладнанням та автоматизація пристроїв зі зволоження матеріалу і гідрознепилення; пристрій припливної вентиляції з продуманим поширенням повітря; застосування регулярного прибирання приміщень та обладнання від осілого пилу; строгий контроль за станом повітря в цехах і виконанням всіх зазначених вище заходів.

Інтенсивність пиловиділення, а отже, і величина запиленості повітря в робочій зоні визначаються насамперед технологічними процесами. Заходи, що запобігають або істотно знижують пиловиділення, повинні передбачатися в період проектування виробництва. Після монтажу та введення об’єкта в експлуатацію технологічні заходи важко здійснити, а нерідко і неможливо виконати.

Найбільш ефективним способом боротьби з пиловиділенням є процес переробки пилячих матеріалів мокрим способом. При заміні «сухих» технологічних процесів «мокрими» пиловиділення усувається без застосування будь-яких додаткових заходів.

У технологічній схемі виробничого процесу необхідно передбачати таке: зменшення кількості проміжних вузлів і місць перевантаження матеріалу; скорочення до мінімуму кількості переміщень матеріалів по горизонталі, застосування герметичного дробильно-помольного обладнання та обладнання для розсіювання; застосування пневматичного або інших видів закритого транспорту (шнеки, віброконвеєри, повністю вкриті конвеєри та ін.); мінімальну висоту перепадів у місцях перевантаження матеріалу (при високих перепадах необхідно передбачати спеціальні пристрої з гасіння кінетичної енергії падаючих матеріалів).

Для запобігання запилення зворотного боку транспортерної стрічки передбачаються пристрої, що забезпечують її очищення від прилипання матеріалу.

Швидкості стрічкових конвеєрів не повинні перевищувати таких меж при транспортуванні: кускових матеріалів – 1,6 м/с, зернистих (розміром до 3–4 мм) – 0,5–1 м/с, мелених (розміром 0,5 мм) – 0,6 м/с.

Бункери слід обладнати пристроями, що виключають їх переповнення і повне спорожнення. Остаточний шар матеріалу в бункері має становити по висоті не менше 1/3 нижньої звуженої частини бункера для запобігання надходження запиленого повітря в приміщенні через живильники або при завантаженні бункера.

Зменшення виділення пилу у виробничому приміщенні можливо способом автоматизації технологічного процесу. При частковій або повній автоматизації роботи дробильно-помольного устаткування поряд із поліпшенням технологічного процесу зменшується чисельність людей, що працюють у запиленій атмосфері. При автоматичному завантаженні все обладнання працює більш ритмічно, завдяки чому значно зменшується можливість пилоутворення.

Найбільша ефективність роботи знепилюючої вентиляції (аспірації) досягається в тому випадку, коли пил видаляється в місці утворення. Це може бути забезпечено при влаштуванні у пилячих приладах укриттів.

Правильно сконструйоване та виконане укриття є найважливішим елементом аспіраційної системи. Укриття повинні бути невід'ємною частиною машин і виготовлятися заводами-постачальниками обладнання.

При розробленні конструкцій укриттів і аспіраційних систем необхідно особливу увагу приділяти питанням зменшення винесення пилу у вентиляційну мережу. Чим менше пилу захоплюється повітрям, що видаляється, тим менше втрачається цінного матеріалу і тим менші витрати на очищення повітря.

Пиловідвідні воронки на укритті необхідно розташовувати так, щоб відсмоктування матеріалу було мінімальним. Це досягається шляхом віддалення місць установлення відсмоктування від місць надходження матеріалу в укриття, пристрої укриттів із подвійними стінками та установки відбійних щитків. Належний ефект від пристрою аспірації досягається лише в тому випадку, якщо виконуються технологічні та архітектурно-будівельні вимоги, спрямовані на зменшення пиловиділення в процесі технологічного виробництва. Після їх виконання основна увага має бути звернена на конструкцію герметичного укриття технологічного пилячого обладнання.

При розробленні укриттів необхідно забезпечувати: створення певної ємності в місцях утворення підвищеного тиску; відповідність конфігурації укриття напрямку повітряного потоку; мінімальне винесення пилу в аспіраційну систему при повному запобіганні виділенню пилу з укриттів у виробничі приміщення; максимально можливу герметизацію; зручність експлуатації як самого укриття, так і сполученого з ним технологічного обладнання; достатню механічну міцність.

При цьому аспіраційний відсмоктувач повинен встановлюватися в такому місці, щоб в укритті забезпечувалося рівномірне розрідження.

Для запобігання вибиванню пилу з укриттів у них необхідно підтримувати розрідження. Максимальні швидкості руху повітря в місцях приєднання аспіраційних воронок до укриттів беруть з матеріалів: кускових – 2 м/с, зернистих – 1 м/с, порошкоподібних – 0,7 м/с. Ці значення взято з умов мінімального винесення дрібних фракцій матеріалу, що транспортується у

пилоуловлювальні апарати аспіраційних систем.

В останні роки при знепилюванні місць перевантаження сипучих матеріалів великого поширення набули укриття з подвійними стінами. Випробування таких укриттів свідчать, що об'єми пилу, що видаляється, знижуються в 1,5–2 рази, а запиленість зменшується на 30–35 % порівняно з цими показниками для укриттів, що мають одинарні стінки.

Місця улаштування укриттів дробильного обладнання визначають, виходячи з особливостей його роботи і потоків запиленого повітря, що при цьому виникаючих.

Сьогодні на основне технологічне обладнання підприємств будівельної індустрії, як правило, розроблені технічні рішення укриттів і відсмоктувачів. Однак дотепер укриття і відсмоктувачі не завжди поставляються комплектно з обладнанням, що не відповідає вимогам ДСТУ.

Для запобігання, виділення запиленого повітря через завантажувальні люки бункерів рекомендується передбачати їх аспірацію і герметичне приєднання завантажувальної течії до бункера. Групу бункерів, що завантажуються за допомогою стрічкових конвеєрів, доцільно аспірувати індивідуально, підключаючи кожний бункер до системи знепилювання. Два бункери, що завантажуються пневмотранспортом, можна аспірувати через один бункер, поєднуючи його з іншою спеціальною переливною трубою. При великій кількості бункерів (силосів) доцільно встановлювати горизонтальні колектори, що з'єднують точки відсмоктування зі знепилюючим устаткуванням.

При незначній кількості пилу, що міститься у вентиляційних викидах, допустимо очищення їх не передбачати, якщо при цьому забезпечуються вимоги, що висувають до атмосферного повітря.

До вибору пиловловлювачів і схем уловлювання пилу в більшості випадків слід підходити індивідуально. Допустиму запиленість повітря, що викидається в атмосферу, можна забезпечити різними способами.

При використанні мокрих пиловловлювачів легше добитися необхідного

ступеня очищення повітря. Мокрі апарати компактні, однак енерговитрати в них значно вищі, ніж у сухих. Відповідно капітальні затрати для мокрого очищення нижчі, а експлуатаційні – вищі, ніж для сухого.

До недоліків мокрого очищення, крім потреби у воді, належать: необхідність оброблення шламів, для чого потрібні додаткові капітальні витрати; заростання систем відкладами, що важко видаляються, особливо якщо пил має здатність до цементації, та ін. Тому перевагу слід віддавати сухим способам очищення повітря, якщо при цьому досягається необхідний ступінь очищення. У той же час мокрий спосіб очищення буде більш доцільний, якщо уловлений пил у вигляді пульпи можна направити в технологічний процес. У ряді випадків при реконструкції підприємств, коли необхідний високий ступінь очищення повітря, а для установлення сухих апаратів немає місця, передбачаються мокрі методи очищення.

При однакових властивостях вловлювання пилу рукавні фільтри забезпечують більш стійку роботу і більш повне очищення, ніж електрофільтри. Метод очищення повітря значною мірою визначається складом сировини, що переробляється.

Наприклад, за наявності в шихті вапна виключається можливість застосування мокрого пиловловлення; за наявності абразивного матеріалу потрібне посилення лопатей кожуха вентилятора, при цьому швидше зношується фільтрувальна тканина; за наявності в шихті хімічно активних, горючих або вибухонебезпечних речовин необхідно передбачати заходи щодо захисту системи пиловловлювання від корозії, пожеж і вибухів.

Вибір апарата для очищення повітря від пилу залежить від того, який ступінь очищення повітря потрібний. Висока ефективність пиловловлювача в ряді випадків не є гарантією виконання санітарних норм. Важливо, щоб залишкова концентрація пилу задовольняла поставленим вимогам. Досягти цього за допомогою одного ступеня очищення не завжди вдається. У цьому випадку перший ступінь застосовують більш прості та дешеві пиловловлювачі. При використанні двоступеневого очищення поліпшується робота більш

ефективних і дорогих пиловловлювачів.

При початковій запиленості повітря більше 200 г/м^3 доцільно перший ступінь очищення встановлювати у вигляді двох послідовно розташованих циклонів. У першому циклоні, щоб уникнути абразивного зносу, швидкість руху повітря беруть не більше 2,5 м/с, в другому – до 3,5 м/с.

Зі збільшенням швидкості підвищується й ефективність уловлювання, тому типи встановлюваних циклонів можуть бути однаковими. Можливий також і інший варіант попереднього (або самостійного) очищення повітря з двома послідовно встановленими циклонами різних типів, але з однаковими швидкостями.

До механічних пиловловлювачів, що встановлюються перед рукавними фільтрами й електрофільтрами, надходять передусім дрібні частинки, які важче видалити з електродів і тканини, оскільки адгезійні властивості у них виявляються сильнішими, ніж у великих частинок. Тому в апаратах попереднього очищення, які встановлюють перед рукавними фільтрами й електрофільтрами, не слід добиватися максимального ефекту.

При виборі пиловловлювальних апаратів слід передбачати, що використання того чи іншого пиловловлювача обмежується через відсутність серійного виробництва.

Деякі пиловловлювачі виготовляються за індивідуальними замовленнями як нестандартне обладнання. Номенклатура серійно виготовленого пиловловлювального обладнання остаточно не встановлена і щорічно коригується.

Контрольні запитання

1. Які основні операції включає технологічна схема виробництва тугоплавких неметалічних і силікатних матеріалів? Які з них є джерелами пилоутворювання?

2. Які заходи щодо боротьби з пилоутворюванням при виробництві тугоплавких неметалічних і силікатних матеріалів є найбільш дієвими?

3. Які властивості має пил виробництва тугоплавких неметалічних і силікатних матеріалів?

4. Які основні пиловловлювальні пристрої використовуються на заводах з виробництва тугоплавких неметалічних і силікатних матеріалів?

5. Які види газоподібних викидів утворюються при виробництві тугоплавких неметалічних і силікатних матеріалів? За допомогою яких методів їх можна знешкоджувати?

11 ЗНЕПИЛЕННЯ ГАЗІВ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ КЕРАМІЧНИХ ВИРОБІВ

Керамічні вироби (плитки для стін та підлоги, санітарна кераміка, труби, сипучі та штучні матеріали) виготовляють на високомеханізованих підприємствах з різних глин або інших неорганічних, неметалічних сировинних матеріалів (пісок, трепел, шлаки та ін.).

Основні етапи виробництва цих виробів (підготовка шихти, формування, сушіння, випалювання) є загальними для всіх видів керамічних виробів. Однак сировинні матеріали, обладнання та технологічні режими за окремими видами виробів часто істотно відрізняються.

Основні процеси у виробництві кераміки:

1) підготовка багатокомпонентної шихти напівсухим або пластичним способом; у першому випадку сировинні матеріали сушать і подрібнюють у тонкий порошок, перемішуючи його з добавками, а в другому – матеріали дроблять, розминають і перемішують із водою;

2) формування сирцю шляхом пресування зволоженого (вологість до 8–10 %) порошку на гідравлічних або механічних пресах або шляхом формування тістоподібної (вологість 20–25 %) пластичної маси на різних за принципом дії і потужністю стрічкових прессах;

3) сушіння – видалення вологи в процесі нагрівання сирцю газами або іншими теплоносіями;

4) випалювання – завершальний, найбільш складний процес, який можна поділити так: досушування сирцю, підігрівання, випалення із витримкою та охолодження виробів; цей процес протікає при різних температурах (900–1600 ºС).

Велике значення на підприємствах керамічної промисловості має проблема боротьби з запиленістю в цехах, створення нормальних санітарно-гігієнічних умов і захисту навколишнього середовища. Керамічні заводи

оснащені спеціальними пиловловлювальними пристроями. Однак ефективність їх недостатня, і запиленість повітря у виробничих приміщеннях, а також у прилеглій місцевості перевищує допустимі концентрації. Це є наслідком недостатньої герметизації помольно-дробильного обладнання та обладнання, що використовують для транспортування, а також відхилень технологічних режимів (підвищений тиск та ін.) і бездіяльності місцевої вентиляції та інші фактори.

Високим пилоутворенням відзначаються процеси підготовки сировини, а саме: подрібнення, помел, просіювання, змішування матеріалів, а також сушіння та випалення виробів.

Випал глини та каоліну в обертових печах при температурі близько 1500–1600 ºС супроводжується, зазвичай, винесенням від 8 до 25 % цих матеріалів залежно від прийнятого режиму. При випалюванні доломіту пилеунос досягає 20–25 %, а при випалюванні магнезиту 15–35 %.

При шлікерному способі отримання преспорошку зневодненням шихти, що надходить у вигляді керамічної суспензії, здійснюється в розпилювальних сушарках при 1100–1250 ºС, в які входять аспіраційно-знепилювальні системи.

Пил осідає з газів, що відходять з печей, сушильних барабанів і розпилювальних сушарок, утворюється в результаті дезінтеграції, механічних і термічних процесів; його фізико-хімічні властивості певною мірою аналогічні властивостям вихідних матеріалів. Інтенсивність пиловиділення сильно коливається залежно від режиму роботи технологічного обладнання, а також від властивостей матеріалу, що переробляється.

Речовинний склад пилу визначається складом вихідних сировинних компонентів, що містять до 70 % діоксиду кремнію, що знаходиться, як у вільному, так і зв’язаному стані. У деяких видах пилу вільного діоксіду кремнію міститься від 13 до 45 %, що обумовлює їх високу силікозонебезпеку і потребує застосування високоефективних пиловловлювачів.

Для знепилювання керамічних підприємств застосовують, як правило, групи циклонів, рукавні фільтри і мокрі пиловловлювачі.

При цьому циклони досить ефективні в цих умовах (ступінь знепилення 85 % і вище). Експлуатація звичайних рукавних фільтрів, що не мають електрокалориферів для підігріву регенераційного повітря і до того ж установлених у холодних приміщеннях, ускладнена внаслідок залипання тканини при підвищеній вологості аерозолю. У зв’язку з цим як апарат другого ступеня очищення в керамічній технології більш широко застосовується мокрий спосіб знепилювання аерозолів, що виділяється практично при всіх процесах виробництва: дроблення, помел, просіювання, змішування, випалювання, сушіння.

Система знепилювання включає групи циклонів та електрофільтри, що забезпечують 98 % пилоосадження при високій кінцевій запиленості (до 0,4 г/м^3), а також незважаючи на високі витрати води 0,12–0,4 л/м^3 мокрий спосіб знепилювання аерозолів керамічного виробництва найбільш простий та ефективний. При невеликих витратах запиленого газу доцільно застосовувати гідродинамічні пиловловлювачі.

Особливості знепилювання на заводах з виробництва електрокераміки

При виробництві електрокераміки при приготуванні сировинних сумішей та транспортуванні до шкідливих факторів належать також виробничий пил. Основні заходи щодо боротьби з пилом – попередження його виникнення, що досягається заміною матеріалів, які утворюють багато пилу в приміщенні, вологими та пастоподібними; осадження пилу водяним зрошенням; герметизація обладнання. При неможливості повністю запобігти пиловиділенню застосовують вентиляцію і засоби індивідуального захисту (ЗІЗ).

При створенні нових технологій слід прагнути до виключення або різкого зменшення виділення шкідливих речовин. Це досягається заміною токсичних речовин нетоксичними, використанням електричної енергії, застосуванням пилоосадження, герметизацією. Для боротьби зі зваженим неорганічним пилом здійснюють розпилювання охолодженої емульсії.

У зв’язку з впровадженням ізотопів необхідно розглянути досліди з їх

застосування для очищення повітря від пилу і, можливо, від газів. Так, наприклад, коли пластини зі стронцію або полонію-210 випромінюють у повітря α- та β-частинки, то позитивно заряджені частинки пилу коагулюють.

У повітрі цехів, де проводиться випал електрокераміки, можуть бути присутніми шкідливі для організму людини гази (особливо це стосується цехів випалу електрофарфору): оксид вуглецю CO, сірчистий газ SO_2, сірководень H_2S. Тому в цехах для випалу електрокераміки має бути зведено до мінімуму виділення цих газів із печей та організована ретельна вентиляція приміщень цеху. Найбільше газовиділення спостерігається в тунельних печах біля топок і вхідної камери.

Концентрація шкідливих газів у повітрі має бути нижчою від гранично допустимої: для оксиду вуглецю – 0,03 мг/л, для сірчистого газу – 0,02 мг/л, для сірководню – 0,01 мг/л.

З метою уловлювання та видалення газів, що виділяються над топками і перед вхідними камерами, встановлюються зонти, що з'єднуються повітровтягувальними вентиляторами, що подають гази на газоочистку та викидають очищені гази в атмосферу.

Особливості знепилювання на заводах виробництва глиняної цегли

Виробництво глиняної цегли різних видів (звичайної, пустотілої або пористої, напівсухого пресування або пластичного) включає видобуток глини, транспортування на завод, підготовку (подрібнення, зволоження та перемішування) маси; пресування виробів, сушіння та випалювання цегли. Подрібнюють глину і видаляють з неї кам'янисті включення у вальцях різних типів, а проминають і перемішують у глиномішалках або бігунах. При пластичному пресуванні глину зволожують до вологості робочого тіста 20–25 %, перемішують і формують, підсушують у сушарках, після чого обпалюють у кільцевих або тунельних печах. При напівсухому пресуванні глину висушують, розмелюють (50 % частинок менше 1 мкм), просівають, зволожують до 8–14 %, пресують і, минаючи стадію сушіння, обпалюють. Інтенсивне пиловиділення в цьому виробництві зазвичай спостерігається при

підготовці маси до напівсухого пресування, при штучному сушінні цегли-сирцю до пластичного формування, а також при випалюванні в печах, що працюють на твердому паливі. Вловлюється дисперсний пил, що містить 20–40 % вільного оксиду кремнію.

Для виробництва характерна наявність стрічкових конвеєрів, що переміщують матеріали. Розвантаження матеріалів зі стрічки конвеєра проводиться шляхом безпосереднього скидання в приймальний лоток у кінці конвеєра. Виходячи з умов пилоутворення, швидкість руху конвеєрної стрічки не повинна перевищувати 0,7–1 м/с.

Основні джерела пилу:

1) у місці подачі глини з конвеєрів на вальці та з вальців у глиномішалки або преси;

2) у відділенні пресування;

3) у камерних або тунельних сушарках при розвантаженні сирцю після сушіння та при його транспортуванні в піч;

4) у печах при муруванні і розбиранні цеглини після випалення;

5) при перевалюванні вугілля і подачі в піч;

6) у котельні при видаленні шлаку і золи вручну.

Пил при роботі дробильних машин виділяється, переважно, внаслідок недостатнього ущільнення.

Для локалізації місць пиловиділення у конвеєрів при перевантаженні, у вальцьових дробарках, дезінтеграторах, грохотах та просіювальних механізмах, а також у пресовому відділенні необхідно використовувати укриття зі знепилювання, відсмоктування з них аспіраційного повітря спочатку в циклонах, а потім у рукавних фільтрах, оснащених електрокалориферами для регенерації тканини підігрітим повітрям. Як другий ступінь знепилювання використовують мокрі пиловловлювачі. Осаджений пил у вигляді шламу або пульпи повертається при цьому у виробничий цикл при зволоженні глини. Під час вивантаження висушеного сирцю з сушарки пил з його поверхні видаляється за допомогою вентиляторів-пилососів із гнучким шлангом і

пилососним наконечником.

До заходів, які забезпечують вимоги, що висувають до стану повітря робочої зони виробничих приміщень, виробничого обладнання та виробничих процесів, належать такі:

– максимально можлива герметизація пилячого устаткування, технологічного і транспортного обладнання та влаштування спеціальних укриттів у всіх місцях пилоутворення;

– використання аспіраційних способів очищення;

– ефективне очищення повітря аспіраційними системами перед викидом в атмосферу.

Під час вивантаження обпаленої цегли з печі охолоджують водою склепіння і застосовують переносні установки з використанням легких пересувних екранів для захисту від пиловиділення та випромінювання тепла.

Контрольні запитання

1. Які основні операції включає технологічна схема виробництва кераміки? Які з них є джерелами пилоутворення?

2. Які заходи щодо боротьби з пилоутворенням при виробництві кераміки є найбільш дієвими?

3. Які властивості має пил виробництва кераміки?

4. Які основні пиловловлюючі пристрої використовуються на заводах з виробництва кераміки?

5. Які види газоподібних викидів утворюються при виробництві кераміки? За допомогою яких методів їх можна знешкоджувати?

12 ШКІДЛИВІ ВИКИДИ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ВОГНЕТРИВІВ

У зв'язку з інтенсифікацією роботи існуючих і спорудженням нових високопродуктивних технологічних агрегатів проблема уловлювання пилу з газів, що відходять, і його використання при виготовленні вогнетривких виробів набуває великого народногосподарського значення.

Специфічні властивості пилу та особливості його транспортування обумовлюють застосування сухих апаратів пиловловлення.

В останні роки на заводах галузі побудовані та введені в експлуатацію нові установки, найбільшими з яких є двоступеневі пиловловлювальні установки (циклони + електрофільтри) з комплексом обертових печей. Залишкова запиленість димових газів після електрофільтрів не дотягувала до 100 мг/м^3. Впровадження цієї системи дозволило знизити безповоротні пиловтрати в 15 разів.

Кількість димових газів є одним з основних чинників при виборі типорозміру пиловловлювального апарата. У більшості випадків розрахункові кількості димових газів, прийняті в проекті, істотно відрізняються від отриманих в процесі експлуатації. Як правило, вони значно вищі проектних показників, у результаті чого швидкість газів у пиловловлювальних апаратах перевищує гранично допустиму, що викликає небажані наслідки. Об'єми димових газів залежать від багатьох факторів, основними з яких є: склад і ступінь підготовленості сировини; вид палива, що застосовується; режим ведення технологічного процесу; кількість повітря, що може підсмоктуватися по довжині газового тракту; стан активної зони печі та ін.

Об'єми димових газів, що відходять з обертових печей і сушильних барабанів, збільшуються, що відбувається переважно при зміні складу випалюваної сировини або інтенсифікації процесу випалу з метою збільшення продуктивності технологічного агрегата.

На деяких заводах інтенсифікують роботу котлів-утилізаторів, що позитивно впливає на роботу пиловловлювальних апаратів.

Пиловинесення є одним з основних показників при проектуванні й експлуатації систем і апаратів пиловловлення. Цей параметр є визначальним при виборі потужності пиловловлювального та транспортувального обладнання (бункерів, насосів, повітряних компресорів та ін.).

Пиловинесення з обертових печей залежить від таких основних факторів: конструкції печі (наявність внутріпічних теплообмінників), зернового складу сировини. При випалюванні тільки пилу, уловленого в апаратах газоочищення, пиловинесення зростає в 2–2,5 раза.

Пиловинесення може коливатися залежно від зміни зернового складу сировини, інтенсифікації режиму печі, при зміні виду палива, що спалюється, та інших чинників, які необхідно враховувати в кожному конкретному випадку, особливо при виборі систем пилотранспортування.

Виявлення закономірностей пилогазовиділення, вивчення основних фізико-хімічних властивостей шкідливих викидів різних речовин в атмосферу робочої зони вогнетривких підприємств становить як теоретичний, так і практичний інтерес.

Найбільша кількість пилу виділяється при випалюванні вогнетривкої сировини. Склад димових газів, що відходять від печей, їх температура і об’єм залежать від типу печі, її продуктивності, видів сировини і палива, режимів технологічного процесу, застосованих газоочисних систем.

Зі збільшенням продуктивності печі на 30 % вміст пилу в пічних газах зростає в 2 рази. При випалюванні доломіту концентрація пилу становить до 75 г/м^3; магнезиту – 85 г/м^3. Викиди пилу з шахтних печей значно нижчі, ніж з обертових.

Значна частина високодисперсного пилу циркулює в замкнутому циклі піч-електрофільтр. При цьому одна частина пилу витрачається на зростання наростів, інша – видаляється в газоочисні системи. Приблизно 25–30 % утворюються при випалюванні сполук сірки і фтору, що накопичуються в об'ємі печі. Пил електрофільтра містить ряд сполук магнію, кальцію, натрію, калію, марганцю, заліза, сірки. Сірка міститься в паливі, що використовується

для випалу, значно впливає на хімічний склад пилу і газів, що відходять, розподіляючись між твердими і газоподібними продуктами: органічна і колчеданна сірка переходить в продукти згоряння, а сульфідна залишається в матеріалі, який обпалюється, і частково уноситься димовими газами. Також у процесі спалювання палива утворюються оксиди азоту, що завдають несприятливу дію на організм людини.

Також випал виробів у тунельних, газокамерних печах супроводжується, залежно від температурних режимів, насиченням газової фази леткими компонентами сполук, які були використані для формування виробів, а також парами оксидів. При конденсації частина речовин, що випаровувалися, осідає на стінках печі, а частина несеться димовими газами. Значна частина пилу утворюється при переміщенні виробів в об’ємі печі та їх розтріскуванні під впливом температурних і механічних чинників.

Основна маса пилу складається з частинок розміром менше 1 мкм. Окремі агрегати оплавлені, мають кулястий габітус. Встановлено, що в інтервалі температур 130 ºС питомий електроопір пилу вогнетривкого виробництва вищий від критичного, що дозволяє ефективно застосовувати електрофільтри. В інтервалі температур 150–200 ºС частинки пилу втрачають адсорбційну вологу і в результаті зниження поверхневої провідності їх питомий електроопір зростає, а з подальшим збільшенням температури газів до 400 ºС в результаті теплового збудження електронів зменшується.

У вогнетривкому виробництві при подрібненні, змішуванні, формованні та транспортуванні подрібненого матеріалу виділяється в повітря робочих приміщень значна кількість пилу. У газах пічних установок, особливо обертових печей, також міститься багато пилу, що забруднює повітряний басейн.

Стан повітряного середовища в цехах вогнетривкого виробництва повинен відповідати діючим санітарним нормам.

Зазначені норми встановили гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин у повітрі робочої зони, перевищення яких не допустимо. Ці

концентрації шкідливих речовин є максимально разовими.

Для зменшення концентрації пилу в повітрі виробничих приміщень повинні проводитися такі основні заходи:

– герметизація обладнання та апаратів, що виділяють пил;

– аспірація ділянок, обладнання та апаратів, що виділяють пил, і місць перепаду сипучих матеріалів;

– зволоження матеріалів, що переробляються, та підтримка найбільшої вологості, яка може бути допустима технологічними нормативами;

– відсмоктування запиленого повітря з бункерів та встановлення на люках бункерів щільних кришок;

– недопущення розвантаження бункерів за наявності матеріалів у їх конусній частині менше ніж на одну третину її висоти;

– систематичне вологе прибирання приміщень та обладнання.

Для забезпечення необхідних умов праці зазначені заходи повинні проводитися комплексно.

Значним джерелом пилоутворення є конвеєрне транспортування подрібнених матеріалів. Для зменшення пилоутворення правилами безпеки передбачені такі заходи:

– обмеження швидкості руху стрічок (< 1 м/с при транспортуванні зернистих компонентів із розміром зерна до 3–4 мм; < 0,6 м/с при транспортуванні мелених компонентів із розміром зерна до 0,5 мм і не вище; < 1,6 м/с при транспортуванні кускових матеріалів, що не містять дрібних фракцій);

– очищення стрічок транспортерів під час холостого ходу скребками, щітками або іншими пристосуваннями;

– мінімальний нахил пересипних пристроїв, але не менше кута ковзання матеріалу, що транспортується. Напрямок виходу матеріалу з них на транспортер має збігатися з напрямком руху стрічки;

– доведення пересипних пристроїв до конвеєрної стрічки на відстань,

мінімально необхідну для вільного проходу матеріалу в прохідних лотоках; у цих лотоках між течією та стрічкою має бути ущільнення;

– транспортування порошків трубомельного помелу (кварциту, магнезиту, шамоту та ін.) закритим безпилим транспортом.

Для ефективності роботи аспіраційної установки і зниження запиленості робочих приміщень необхідно забезпечити надійне ущільнення конструкцій укриття та відсмоктування повітря в достатніх об’ємах.

Добре себе зарекомендували на вогнетривких заводах герметичні укриття, в яких розташовані дробарка або млин разом з обслуговуючим їх живильником і транспортером. Ізоляція трубних млинів у герметичні камери дала можливість ліквідувати поширення пилу в помольному відділенні і різко зменшити шум. Для укриття грохотів успішно застосовують металеві камери, торцеві стінки яких у місцях подачі і відведення матеріалу виконані з брезенту.

Засмічення пилом горизонтальних повітропроводів аспіраційних установок різко знижує об’єми повітря, що відсмоктується з укриттів, і викликають запилення робочих приміщень. Для запобігання цьому потрібно максимально уникати створення горизонтальних ділянок, замінюючи їх системою трубопроводів з ухилом не менше 45 °, а в разі неможливості їх повністю виключити – застосовувати горизонтальний колектор збільшеного перетину. При цьому видаляти пил механізованим способом або користуватися стисненим повітрям для періодичного продування, а також влаштовувати достатню кількість люків для очищення.

У комплексі зі знепилювання велике значення має зволоження матеріалів, що підлягають подрібненню і транспортуванню. Зволоження необхідно проводити за допомогою розпилюючих форсунок. При зупинці обладнання подача води повинна автоматично припинятися.

Згідно з діючими нормами вміст пилу в повітрі, що викидається, або газах не повинен перевищувати 100 мг/м^3.

Уловлювання пилу з газів, що відходять, не лише вирішує проблему очищення повітряного басейну, але також зберігає цінну сировину, що має бути

використана у виробництві.

У вогнетривкій промисловості застосовуються такі пиловловлювальні установки: циклони, рукавні фільтри та електрофільтри.

Новітні методи боротьби з пилом наведені в регламентах технологічних процесів виробництва динасових та алюмосилікатних вогнетривів мокрим способом, які складені на основі лабораторних досліджень і випуску дослідних партій виробів у промислових умовах.

Зокрема, виробництво динасових виробів супроводжується виділенням найбільш небезпечного для вогнетривкої промисловості пилу. Для зв’язки з діючою на заводах технологією замість вапняного молока, що застосовується, рекомендується використовувати карбонат кальцію – крейду, що подрібнюється разом з частиною кварциту в трубному млині мокрого помелу.

Кварцит розміром менше 50 мм подрібнюється в агрегаті, в який подають 2–3 % води. Після поділу на фракції у пневматичному класифікаторі порошки зволожують. Пульпа з трубного млина проходить розпилювальне сушіння, після чого у вигляді гранул при залишковій вологості 5–6 % надходить у змішувальні бігуни; туди ж подається зернистий порошок кварциту.

Преспорошок після бігунів з вологістю 4–6 % подається на преси. Вся схема працює під розрідженням, що забезпечує знепилювання робочих приміщень.

Сухі циклонні пиловловлювачі широко застосовують для виділення з запиленого повітряного або газового потоку твердих частинок розміром від 10 мкм і більше.

На вогнетривких заводах запилене повітря, що подається від аспіраційних установок та з газами, що відходять від сушильних барабанів і обертових печей, містить значну кількість дрібних частинок пилу. Ступінь пилоочищення циклонами знаходиться в межах 75–85 %, і тому циклони слід застосовувати як перший ступінь очищення.

Циклони завдяки простоті конструкції, компактності, малим капітальним витратам на встановлення, відносно низьким експлуатаційним витратам

широко застосовують на вогнетривких заводах. Однак при роботі циклонів необхідно запобігати підсмоктуванню повітря, особливо в нижній конусній частині корпусу, оскільки при збільшенні об’єму повітря, що рухається назустріч обсипуваному пилу, частинки пилу розмірами до 15 мкм у великій кількості захоплюються та виводяться у вихлопну трубу.

Тканинні рукавні фільтри застосовують у вогнетривкій промисловості для другого ступеня очищення запиленого повітря з аспіраційних установок.

Ступінь очищення повітря від пилу в рукавних фільтрах при умовному діаметрі частинок пилу 5,5 мкм для суміші хроміту та обпаленого магнезиту при повітряному навантаженні на тканину до 100 $м^3/м^2$ за годину досягає 99,5 %, для обпаленого доломіту при тому самому повітряному навантаженні 98,5 %, для кварциту при повітряному навантаженні до 50 $м^3/м^2$ за годину – 98,5 %, а для глини при умовному діаметрі частинок пилу 0,8 мкм, при повітряному навантаженні до 80 $м^3/м^2$ за годину – 95 %.

У вогнетривкій промисловості електрофільтри застосовують для другого ступеня пилоочищення газів, що відходять з обертових і шахтних печей, а також із сушильних барабанів.

Капітальні витрати на установлення електрофільтрів найбільші порівняно з витратами на установлення інших пиловловлювачів, однак застосування їх доцільне, тому що вони забезпечують найбільш високу ефективність очищення пилогазового потоку – до 99 %.

На підприємствах вогнетривкої промисловості застосовують сухі електрофільтри.

Останнім часом для інтенсифікації роботи електрофільтрів змонтовані і налагоджено установки кондиціювання пилогазового потоку з введенням у нього в розпиленому стані 5 %-го розчину хлористого амонію або 3–6 %-го водного розчину аміаку. При цьому забезпечувалося збільшення ефективності пиловловлювання в електрофільтрах і зменшення пиловинесення в атмосферу в кілька разів. Однак слід враховувати, що зберігання аміаку й експлуатація установок для кондиціювання аміаком потребують виконання певних правил

безпеки.

При очищенні газів від магнезитового пилу позитивні результати досягнуто застосуванням хлоридів натрію і калію, а також водяної пари. Дія хімічних реагентів посилюється при підвищенні вологості димових газів і зниженні їх температури.

Установки для введення хімічних домішок повинні експлуатуватися постійно. Такі установки необхідно споруджувати на всіх електрофільтрах, що експлуатуються у вогнетривкій промисловості.

На електрофільтрах, що будуються або реконструюються, слід застосовувати кондиціювання газового потоку.

Необхідно відзначити, що електрофільтри високопродуктивні і працюють при таких високих значеннях коефіцієнтів пилоочищення, коли зміна на 1 % призводить до зміни залишкової запиленості газів у кілька разів.

Електрофільтр працює як другий ступінь очищення димових газів, що надходять від обертової печі. Перший ступінь очищення газів від печі виробляється в циклонах діаметром 1200 мм. При цьому ефективність очищення газів становить 98 %.

Правила безпеки при експлуатації пило- та газоочисного устаткування

Пуск нових систем механічної вентиляції має здійснюватися після їх випробування на санітарно-гігієнічну ефективність. Перед здачею в експлуатацію системи забезпечуються інструкціями і Правилами експлуатації, затвердженими головним інженером підприємства. Всі вентиляційні системи, що знов запускаються, а також діючі вентиляційні системи мають бути забезпечені паспортами, в які потрібно систематично вносити всю інформацію про ремонт та конструктивні зміни установок.

Очищення повітропроводів місцевої витяжної вентиляції має проводитися за графіком, затвердженим головним інженером підприємства.

Ремонт і очищення вентиляційних пристроїв у цехах, де переробляються сировинні пилячі матеріали мають здійснюватися з використанням захисних

засобів органів дихання. При матеріалах, що виділяють багато пилу, який містить вільний оксид кремнію, слід застосовувати попереднє зволоження внутрішніх частин трубопроводів, фільтрів (крім тканинних) і вентиляційних камер.

Пуск обладнання, що виділяє пил та інші небезпеки, має бути зблокований з увімкненням вентиляційних систем. Для відновлення кількості повітря, що видаляється аспіраційними системами з приміщення, слід влаштовувати штучний приплив повітря, який має бути очищений від пилу, а в зимовий час – підігрітий калориферами.

Знепилення при виробництві шамотних вогнетривів

Схемою технологічного процесу виробництва вогнетривів передбачається підготовка вихідних матеріалів, подрібнення і поділ за розмірами сировини, дозування та змішування компонентів шихти, приготування маси, формування і пресування виробів, сушіння та випалення виробів, їх складування та контроль якості.

На підприємстві основними джерелами забруднення атмосфери є: обертові печі для випалення каоліну, парові і водонагрівальні котли, установки для сушіння, подрібнення, помелу, просіювання, формування шихтових компонентів для виробництва вогнетривких виробів.

При роботі агрегатів, що використовують паливо, в атмосферу викидаються оксиди азоту, оксид вуглецю, сірчистий ангідрид і пил.

Стан забруднення атмосферного повітря визначається відповідно до правил технічної експлуатації газопилоуловлювальних пристроїв. Аналіз обладнання виконується промисловою групою при центральній заводській лабораторії (ЦЗЛ).

У навколишньому атмосферному повітрі ГДК на шкідливі речовини повинна становити:

Пил (глина, каолін, шамот)……………. 0,3 мг/м^3

Діоксид азоту…………………………. 0,085 мг/м^3

Оксид вуглецю………………………… 5,0 мг/м^3

Сірчистий ангідрид……………………… 0,5 мг/м^3

При виробництві вогнетривких виробів основними є кремнієвмісний пил та пил сполук хрому й алюмінію.

При здійсненні технологічних процесів у повітря робочої зони на різних робочих місцях виділяються такі шкідливі речовини:

– пил в процесі дроблення, помелу, змішування вихідних компонентів шихти;

– газоподібні шкідливі викиди, що утворюються в процесі спалювання палива в теплотехнічних агрегатах.

Основними джерелами забруднення повітря робочої зони в цеху є: бункери, транспортерні стрічки, елеватори, змішувачі, кульові млини, преси.

Джерелами шкідливих газоподібних викидів у цеху є тунельні сушила та печі.

Вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони підлягає систематичному контролю. При надходженні в повітря робочої зони шкідливих речовин з гостронаправленим механізмом дії повинен бути забезпечений безперервний контроль цих речовин із сигналізацією про перевищення ГДК.

Знепилювання при виробництві хромоксидних вогнетривів

Найбільш шкідливим фактором у цьому виробництві є наявність розчинних сполук хрому (VI) і (III), які є одними з найбільш шкідливих. Згідно діючим стандартам ці сполуки належать до 1 класу небезпеки, є канцерогенними й алергенними. Їх переважний агрегатний стан в умовах виробництва вогнетривів – пил і аерозоль, межа допустимої концентрації якого 0,01–0,02 мг/м^3.

Найшкідливішим етапом при виробництві хромоксидних вогнетривів є отримання основного сировинного матеріалу – оксиду хрому.

Cr_2O_3 є кінцевим продуктом термічного розкладання більшості сполук хрому. В промисловості технічний оксид хрому отримують із хромітової руди переважно двома методами: термічним розкладанням хромітового ангідриду або відновленням монохроматів натрію з розчину елементарної сірки з

подальшою фільтрацією продукту і випалюванням в обертовій печі.

Апаратура виробництва не повинна спричиняти викиди аерозолів, стічних вод і технологічних рідин у зону перебування робітників і в навколишнє середовище. На підприємстві мають бути агрегати для збирання й очищення технологічних стічних вод і стоків від прибирання технологічних приміщень. Відходи виробництва та продукти очищення вод, що містять сполуки хрому (VI) і (III), повинні бути утилізовані або повернуті у виробництво. Не допускається їх викид у відкриті водойми і грунт, а аерозолів – в атмосферу.

На вогнетривкі підприємства оксид хрому надходить у синтетичних мішках як чистий технічний продукт з масовою часткою основної речовини 98–99 $\%_{мас}$. При розвантаженні мішків можливо запилювання, тому його слід проводити в окремих закритих приміщеннях, забезпечених припливно-витяжною вентиляцією, бажано автоматично, щоб робітники могли перебувати в ізольованих кабінках керування.

Запилення можливо також і при завантаженні в змішувач. Цей процес також має бути забезпечений місцевою витяжною вентиляцією і бути автоматизованим, оснащеним спеціальними рукавами й укриттями, щоб мінімізувати потрапляння пилу в повітря робочої зони.

Далі за технологією разом із технологічними добавками в масу вводиться вода для створення прес-порошку певної вологості, що при змішуванні приводить до злипання частинок шихти і суттєво знижує запиленість подальшого процесу. Однак в оксиді хрому як домішка неминуче містяться сполуки хрому (VI), що обумовлює присутність у повітрі робочої зони їх аерозолів, кількість яких має суворо контролюватися. Тому процес зважування та пресування також має бути забезпечений місцевою витяжною вентиляцією, спрямованою в зону роботи з матеріалом.

Процес різання і шліфування блоків супроводжується їх постійним контактом з водою, що призводить до вимивання великої кількості сполук хрому (VI) і появи його аерозолю в повітрі робочої зони. Отже, ці етапи також

слід забезпечити місцевою витяжною вентиляцією і, по можливості, максимальною автоматизацією. Стічні води цих операцій неохідно ретельно збирати, проводити очищення та утилізувати. Крім того, процеси різання і шліфування дають велику кількість технологічних відходів (шламу), що мають бути ретельно зібрані.

У процесі випалу хромоксидних виробів шкідливим фактором може бути поява CO в повітрі робочої зони внаслідок вигоряння технологічних домішок. Тому пічні відділення забезпечують не тільки місцевою витяжною вентиляцією, а й загальною витяжкою для ретельної аерації повітря робочої зони для уникнення скупчування там чадного газу.

Для очищення від пилу й аерозолів робочих приміщень використовують місцеву припливну вентиляцію з рукавними фільтрами або циклонами. Фільтри потрібно регулярно чистити.

Очищення технологічних стічних вод проводять за допомогою адсорбційних фільтрів із фільтрувальними елементами, заповненими активним вуглецем, що який повинен підлягати регулярній заміні, а відпрацьовані фільтри повині бути відповідним чином утилізовані.

Контрольні запитання

1. Які основні операції включає технологічна схема виробництва вогнетривів? Які з них є джерелами пилоутворювання?

2. Які заходи щодо боротьби з пилоутворюванням при виробництві вогнетривів є найбільш дієвими?

3. Які властивості має пил, що утворюється при виробництві вогнетривів?

4. Які основні пиловловлювальні пристрої використовуються на заводах з виробництва вогнетривів?

5. Які види газоподібних викидів утворюються при виробництві вогнетривів? За допомогою яких методів їх можна знешкоджувати?

13 ЗНЕПИЛЮВАННЯ ГАЗІВ В ЦЕМЕНТНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Всі сировинні матеріали, що застосовуються для виготовлення цементу, після видобування в кар’єрах і доставлення на завод підсушують, подрібнюють та проводять помел до пилоподібного стану (при сухому способі виробництва), щоб збільшити їх реакційну поверхню. Відкориговану сировинну обпалюють при високих температурах у печах, а потім охолоджують у холодильниках.

Продукт випалу, тобто клінкер, спільно з гіпсом та іншими домішками подрібнюють у млинах, після чого цемент транспортують на склад і упаковують в мішки або спеціальні вагони, і потім відправляють на будівельні об’єкти.

Швидкість основних процесів виробництва (подрібнення, сушіння, випал) інтенсифікується, якщо вони протікають у потоці повітря і гарячих газів, що приводить до збільшення продуктивності млинів, печей та іншого обладнання. Однак гази, що відходять, та повітря захоплюють з собою в атмосферу дрібні частинки сировини, шихти, палива, напівфабрикату і цементу. Кількість, що виноситься з основних агрегатів досягає 20–25 % маси, що надійшла на переробку шихти.

Значне пиловинесення спостерігається при транспортуванні сировинних матеріалів, шихти та цементу.

Щоб уникнути таких втрат, а також для запобігання забруднення атмосфери і навколишнього середовища, аерозолі, що утворилися, та запилені гази перед видаленням в атмосферу знепилюють у спеціальних пиловловлювальних апаратах.

Проблема захисту навколишнього середовища від забруднення пиловикидами цементного виробництва набуває дедалі більшого народно-господарського та соціально-гігієнічного значення.

Величезне значення також має розроблення, вдосконалення та більш широке використання механізмів пилоосадження в основних технологічних агрегатах.

Особливості аерозолів цементного виробництва

Розмаїтість сировини, палива і домішок, що застосовуються, а також різниця в технологічних процесах зумовлюють утворення аерозолів із різними фізико-хімічними властивостями, які поділяють на такі групи:

1) аерозолі, що утворюються при дробленні та транспортуванні сировинних матеріалів, характеризуються високою дисперсністю (вміст фракцій розміром менше 5 мкм до 31 %) при вологовмісті та температурі, характерних для навколишнього середовища, концентрація пилу в них становить від 0,3 г/м^3 до 13 г/м$^{3;}$

2) аерозолі сушильних барабанів для сировини і домішок, що містять великі і тонкі частинки з температурою від 65 до 150 °С при підвищеному вологовмісті (температура точки роси 42–62 °С).

3) аерозолі сировинних млинів, для яких характерна велика кількість тонких фракцій (менше 5 мкм – до 65 %, температура точки роси 35–50 °С);

4) полідисперсні аерозолі обертових печей мокрого способу виробництва, що характеризуються підвищеним вмістом вологи (температура точки роси 58–75 °С) при температурі газів до 385 °С та містять до 50 % частинок розміром менше 5 мкм;

5) полідисперсні аерозолі обертових печей з конвеєрними кальцинаторами, що мають знижений вміст вологи (температура точки роси 32–48 °С) і температуру газів до 210 °С, містять до 20 % частинок менше 5 мкм;

6) аерозолі обертових печей сухого способу, що відзначаються високою дисперсністю частинок (до 75 % частинок розміром менше 5 мкм) при зниженому вологовмісті (температура точки роси 29–44 °С) і високій температурі (до 380 °С);

7) крупнодисперсні аерозолі клінкерних холодильників (частинок менше 20 мкм до 80 %), що характеризуються низьким вмістом вологи (температура точки роси 30 °С) і високою температурою до 290 °С;

8) аерозолі цементних млинів (до 40 % частинок менше 5 мкм), що мають

температуру 90–170 °С і вологовміст, що коливається в широких межах (температура точки роси 22–60 °С) залежно від подрібнювальної шихти.

Більше 80 % пилу, що вноситься в атмосферу, виділяється печами, в яких проводиться випал клінкеру, а решта – млинами, дробильно-сушильними установками, а також напіввідкритими складами сировинних матеріалів, домішок, клінкеру та цементу.

Властивості аерозолів обертових печей залежать від хімічного і мінералогічного складу сировини, палива, а також від способу виробництва, конструкції, розміру та режиму роботи випалювальних печей.

Газове середовище пічних аерозолів характеризується об'ємом, температурою, запиленістю, вологовмістом та хімічним складом.

Об'єм газів, що виходять з клінкервипальних обертових печей, при прийнятих режимах випалу коливається в межах:

а) печі мокрого способу виробництва 3,5–6,8 м^3 на 1 кг клінкеру;

б) печі напівсухого способу виробництва 3,3–4,3 м^3 на 1 кг клінкеру;

в) печі сухого способу виробництва 2,5–3,3 м^3 на 1 кг клінкеру.

Однак фактично об'єм газів, що відходять на 50–100 % перевищує технологічно необхідний, що спричиняє підвищення швидкості газів в печах і пиловловлювачах, порушує аеродинамічні режими їх роботи і знижує ефективність пиловловлювачів і збільшує пиловинесення.

Температура газів печі залежно від способу виробництва, розмірів печі, теплообмінного пристрою коливається від 110 до 385 °С.

Найбільш високі температури у відхідних газів печей, що працюють за сухим способом. Найбільш ефективно електроосадження протікає при температурі газів 150–190 °С, при більш високій температурі ефективність електрофільтрів знижується.

Запиленість газових печей залежить від розмірів печі, наявності та ефективності теплообмінних пристроїв, режиму випалу, способу виробництва, фізико-хімічних властивостей шихти і палива. При вході аерозолів у

пиловловлювальні установки запиленість коливається в межах:

а) у печей мокрого способу виробництва 10–66 г/м^3;

б) у печей з конвеєрними кальцинаторами 10–28 г/м^3;

в) у печей з циклонними теплообмінниками 16–60 г/м^3.

При запиленості газів вище 15–20 г/м^3 погіршується робота електрофільтрів, понад 20–30 г/м^3 погіршується робота зернистих і протиструминних рукавних фільтрів, а в прямоструминних рукавних фільтрах допустимо підвищення концентрації на вході до 100–150 г/м^3 .

Вологовміст газів клінкервипалювальних печей відповідає такій точці роси:

а) у печей мокрого способу виробництва 58–75 °С;

б) у печей з конвеєрними кальцинаторами 32–48 °С;

в) у печей з циклонними теплообмінниками 22–44 °С.

Коливання точки роси газів обумовлені надлишком повітря і видом палива, що спалюється. Так, наприклад, точка роси для газів, що відходять при сухому способі виробництва, в печах, що працюють на вугіллі, становить 22–33 °С, на мазуті – 30–35 °С, на природному газі – до 44 °С.

При температурі газу, що відповідає точці роси, елементи будь-якого фільтра замазують, що спричиняє погіршення знепилювання, тому уникають експлуатації пиловловлювачів при температурах, близьких до точки роси.

Хімічний склад пічних газів змінюється в таких межах: CO_2 – 16–26; CO – 0,1–0,8; O_2 – 0,4–0,7; H_2 – 0,01–0,2; H_2S – 0,01–0,15; граничні вуглеводні 0,01–0,3; SO_2 – 0,01–0,25; N_2 – 70–78; оксиди азоту – 0,01–0,85.

Дисперсний склад пилу, що міститься в пічних газах, залежить від виду сировини, а також від аеродинамічного режиму роботи печі. Пил утворюється в результаті перебігу в печі двох процесів – звихрювання і захоплення газовим потоком частинок шихти, які при русі в потоці газів у теплообмінних пристроях і газоходах стираються і надходять у пиловловлювач, а також при сублімації в зонах спікання і декарбонізації, де тримаються в шихті оксидів металів, пари

цих оксидів рухаються до холодного кінця печі, де при зіткненні з більш холодними частинками (або поверхнями) конденсуються, утворюючи тонкодисперсні частинки (менше 2 мкм) і виносяться з газами; в пилу є сферичні склоподібні частинки, а також первинні клінкерні мінерали.

Найбільш тонкий пил міститься в газах печей із циклонним теплообмінником (63–78 % частинок із розміром менше 10 мкм, в тому числі 50–75 % частинок менше 5 мкм), а в газах печей мокрого виробництва, що працюють на крейдяній шихті (40– 68 % частинок менше 10 мкм, в тому числі до 52 % частинок менше 5 мкм). Пил обертових печей мокрого способу виробництва при використанні вапняків і мергелів містить 20–50 % частинок розміром менше 10 мкм.

Хімічний склад пилу істотно відрізняється від вихідної шихти і від одержуваного клінкеру; в такому пилу значно більше, ніж у шихті лугів (K_2O і Na_2O) і сірчаного ангідриду (SO_3); кількість SO_3 зростає, якщо паливо – мазут, а при використанні вугілля в пилу присутній підвищений вміст оксиду алюмінію.

Компонентами пилу є клінкерні мінерали, компоненти сировини та CaO. Зміна хімічного складу пилу та дисперсність залежать від швидкості, температури, довжини і положення факела.

Електричний опір пічного пилу залежить від хімічного складу пилу, дисперсності, температури, вологості. Пил, що складається з мінералів і оксидів металів, є напівпровідником, а з кварцу, слюди, деяких шлаків – діелектриком.

Питомий електроопір силікатного пилу найчастіше знаходиться в межах 106–1011 Ом·м, він зменшується при підвищенні вологи газу і зростає при підвищенні температури до 180–230 °С.

Знепилювати гази з температурою вище 350 °С в електрофільтрі недоцільно, тому що питомий електроопір пилу знижується до 108 Ом·м, при цьому збільшуються втрати тепла на 35–40 %, зростають об’єми і швидкість газів в активній зоні, що призводить до застосування дорогих електродів.

Властивості пічного пилу, осадженого в полях електрофільтрів

Найбільший інтерес становляють такі характеристики осадженого в електричному полі пилу: адгезія його до поверхні електродів, дисперсність і хімічний склад по полях, щільність, об’ємна маса, кути природного нахилу і обвалювання (у зв’язку з розміром визначається розмір бункера).

Адгезійні властивості пилу значно впливають на роботу всіх пиловловлювачів і особливо електрофільтрів, оскільки адгезія частинок до поверхні в електричному полі перевищує адгезію в полі гравітаційних або аеродинамічних сил. Тонкодисперсні частинки при осадженні на поверхню прилипають до неї під дією кулонівських сил, подвійного електричного шару, молекулярних або капілярних сил рідини, що конденсується в зазорі між частинками і поверхнею.

Встановлено, що з підвищенням дисперсності частинок і збільшенням шару сили зчеплення їх з електродом збільшуються. Зі збільшенням вмісту лугів у пилу та в міру підвищення температури середовища до 200 °С сили зчеплення його шару з електродом збільшуються, знижуючись при подальшому підвищенні температури.

З підвищенням вмісту вологи газу сили зчеплення осадженого пилу з електродами зменшуються.

При осадженні в горизонтальних фільтрах спостерігається сепарація пилу по полях зі збільшенням дисперсності від першого (найбільш велика) до останнього (найбільш дрібна). Крім того, істотно збільшується тримання лугів і сульфатів від першого до останнього полів (3–5 разів): у першому – пил мало відрізняється від вихідної шихти, у другому і наступних полях – осідають тонкі частинки, сконденсовані продукти сублімації лугів і сульфатів.

Об’ємна маса пилу, осадженого в електрофільтрах печей, становить, кг/м^3: при сухому способі виробництва для пилу в пухкому стані 420-610; в ущільненому – 620–1550; при мокрому способі відповідно 450–890 і 1060–1090.

Кут природного нахилу пилу, що визначає його сипкість, становить при осадженні в електрофільтрах печей сухого способу 45–51 °, мокрого – 36–48 °.

Кут обвалення пилу, що характеризує його здатність випливати з бункерів і утворюватись при витіканні пилу самопливом, може бути в таких межах:

а) пил печей сухого способу 55–67 °;

б) пил печей мокрого способу 58–60 °.

Властивості аерозолів цементних млинів залежать від інтенсивності аспірації, фізико-хімічних характеристик подрібнюваної шихти, а також від розмірів і конструкції млинів.

Об’єм аспіраційного повітря при виході з млинів відкритого циклу становить 0,2–0,5 $м^3$ на 1 кг цементу, а з млинів замкнутого – до 0,9 при нормі для перших 0,2 кг на 1 кг цементу, а для інших – 0,32–0,37 кг на кг цементу, через нерівномірність вентилювання окремих камер.

З підвищенням інтенсивності аспірації фракційний склад цементу розширюється, збільшується запиленість аспіраційного повітря. Інтенсивна аспірація спричиняє погіршення якості цементу і перевантаження пиловловлювачів.

Температура аспіраційного повітря млинів відкритого типу підвищена (70–170 °С), що значно більше оптимального значення для нормальної експлуатації електрофільтрів і тканинних фільтрів. Це призводить до зниження ефективності електрофільтрів і швидкого зносу тканини рукавів.

Вологовміст аспіраційного повітря хитається в широких межах (точка роси 20–50 °С), що несприятливо впливає на роботу пиловловлювачів, зокрема, при низькому вологовмісті знижується ефективність електрофільтрів, а при високому (близькому до точки роси) – погіршується ефективність рукавних і зернистих фільтрів .

Гранулометричний склад пилу, що виноситься повітрям, залежить від інтенсивності аспірації, типу і конструкції аспіраційної коробки або шахти. Вміст важкоосаджувальних частинок розміром менше 5 мкм становить 20–40 %, а частинок розміром понад 20 мкм – 20–55 %. Об’ємна маса пилу

цементу, осадженого в електрофільтрі, в пухкому стані становить 1170 кг/м^3, а в ущільненому – 1520 кг/м^3, при осадженні в рукавному фільтрі після циклонів відповідно – 500 і 810 кг/м^3.

Аерозолі сировинних млинів

Об'єм аспіраційного повітря під час помелу сировини становить 0,2–0,73 м^3/кг продукту відкритого циклу і 0,6–1 м^3/кг у сепараторних млинів.

Температура аспіраційного повітря при виході з млинів відкритого циклу 60–100 °С, а у сепараторних – 50–140 °С. Запиленість аспіраційного повітря висока і хитається в межах 300–770 г/м^3 при виході з млинів відкритого циклу і 300–500 г/м^3 при виході з сепаратора.

Аерозолі колосникових холодильників

Ці аерозолі характеризуються значними коливаннями температури при порівняно великому об'ємі, грубою дисперсністю частинок і високою абразивністю.

Температура надлишкового повітря, що надходить у пиловловлювачі, 120–290 °С, найнижча температура 90–100 °С у повітря в холодильниках, які працюють з випарно-водяним охолодженням.

Запиленість повітря, що надходить у пиловловлювальні апарати, від 5 до 40 г/м^3, що обумовлено коливаннями температури клінкеру, який виходить з обертової печі.

У пилу, осадженому у пиловловлювачах, переважають фракції більше 20 мкм. ПЕО вище за критичну позначку. Об'ємна маса осадженого пилу 980–1340 кг/м^3, кут природного нахилу – 35–41 °.

Ділянку вивантаження клінкеру на конвеєр необхідно закривати спеціальним укриттям (кожухом) з відсмоктуванням запиленого повітря до циклона, тому що SiO_2 у вільному стані в пилу становить 0,2–1,5 %, запиленість повітря – 2,1–3,2 г/м.

Особливості аерозолів дробарок

Аерозолі, що виділяються при дробленні сировинних матеріалів, містять

значну кількість вільного SiO_2 (5–20 % усієї кількості пилу). Тому ділянки цього пиловидалення локалізують за допомогою спеціальних укриттів, з яких відсмоктують повітря.

Вологість осадженого в циклонах пилу 2–3 %, пил містить 10–15 % частинок розміром менше 6 мкм і 24–40 % розміром 6–10 мкм. Запиленість повітря, очищеного в циклонах, у щоковій дробарці становить 0,3-0,4 г/м^3, у молотковій – 2–2,1 г/м^3; ПЕО вище 107–108 Ом·м при температурі 20–25 °С.

Ці дані підтверджують дуже високу інтенсивність аспірації, що тягне перевантаження пиловловлювачів.

Дисперсний склад пилу, осадженого з аспіраційного повітря сировинних млинів:

– розмір частинок 6–10 мкм – 43–80 %;

– розмір частинок 11–20 мкм – 8–24 %;

– розмір частинок більше 20 мкм – 12–60 %;

Питомий електричний опір $1{,}6\cdot10^7$–$6\cdot10^{10}$ Ом·м, значною мірою перевищує граничне значення, при якому працюють електрофільтри без зворотної іонізації.

Щільність частинок 2660–2760 кг/м^3, об’ємна маса осадженого пилу в пухкому стані 590–1010 кг/м^3, кути природного нахилу пилу, осадженого в електрофільтрах, 40–44 ^{o}, а кути обвалення від 49 до 64 ^{o}.

Аерозолі сушильних установок.

Об’єм газів, що відходять на 1 кг матеріалу, що висушується дорівнює 0,6–2,8 м^3. Температура газів, що відходять, 65–200 ºС, запиленість 5–50 г/м^3. Дисперсний склад пилу залежить від виду матеріалу. Здебільшого пил крупнодисперсний, що зумовлює ефективність електрофільтрів. Однак, кількість такого пилу в більшості випадків перевищує критичну величину, що впливає на ефективність електрофільтрів.

Об’ємна маса пилу, що осаджується в електрофільтрах сушильних барабанів у пухкому стані, становить 500–970 кг/м^3, а в ущільненому –

700–1380 кг/м^3, кут природного нахилу пилу 35–45 °, а кут обвалення – 51–62 °.

Пилоосадження в технологічних агрегатах і зміна властивостей аерозолів.

Дуже високі значення концентрації твердих частинок у пічних та млинних аерозолях, підвищена температура при великих обсягах цих аерозолів, високий ПЕО твердих частинок порівняно з параметрами, при яких ефективно застосовуються пиловловлювачі, зумовили необхідність вишукувати способи боротьби з пилом у технологічних агрегатах або цілеспрямовано змінювати зазначені характеристики для підвищення ефективності пиловловлювачів.

Печі мокрого способу виробництва.

Проведено реконструкцію обертових печей: розширено ділянки зони кальцинування, підігрівання й випаровування, раціонально сконструйовано гірляндні завіси з кільцевим або гвинтовим кріпленням і вільно висячими ланцюгами, що призвело до меншого стирання гранул сировинної шихти, не спричиняє віхрювання і краще осаджає пил із газів.

Теплообмінні пристрої при мокрому способі виробництва залежно від конструкції і розмірів можуть або збільшувати концентрацію пилу в газах, або, прискорюючи випаровування вологи зі шламу і підігрів шихти, виконувати функцію внутрішньопічних пилоосаджувальних пристроїв, що дозволяє в кілька разів зменшувати запиленість газів при вході в електрофільтр , а також на 100–150 ºС знижувати температуру, а отже, і об’єм газів та осадженого пилу. Крім того, печі працюють із підвищеною продуктивністю при зменшеному в 4–5 разів винесенні пилу.

Печі сухого способу виробництва.

Такі печі з циклонними теплообмінником виділяють на 40–45 % менше газів, ніж печі мокрого способу. Однак температура цих газів досягає 350–400 ºС, вологовміст у 8–10 разів нижчий, в 2 рази вища кількість частинок розміром менше 5 мкм. Все це призводить до погіршення роботи електрофільтрів. Щоб підвищити ефективність електрофільтрів, потрібно охолодити гази до 180 ºС на вході в електрофільтр шляхом зволоження,

укрупнити тонкодисперсні частинки, для зниження ПЕО.

Гази, як правило, частково зволожують і охолоджують в сушильно-помольних приладах, потім за необхідності додатково зволожують і охолоджують у газоході печі перед електрофільтром.

Введення гипсвміщуючих домішок

Введення гіпсовмісних домішок в обпалювальну високолужну шихту (наприклад, відхід фосфогіпсу) у кількості до 3 % покращує процес випалу (як мінералізатор і розчинник шламу) та забезпечує перетворення важкого осадження в електрофільтрах карбонатів і хлоридів лугів у сульфати калію та натрію. Це знижує запиленість газів, що відходять перед електрофільтром, тому що сульфати менше, ніж карбонати, возгоняються при високих температурах. Крім того, при введенні фосфогіпсу приблизно на порядок знижується електроопір пилу і в 1,5–2 рази зменшується адгезія частинок до електродів, що покращує їх стряхування, електричні показники та ефективність пічних електрофільтрів.

Інтенсивність аспірації млинів при прямому напрямку руху повітря, залежно від кількості засмоктуваного через млин повітря, може істотно збільшити концентрацію пилу в аерозолях перед пиловловлювальними приладами (до 1000 г/м^3) переважно за рахунок великих частинок, що знижує ефективність установок.

Значно знижує пиловинесення з млинів система протиструминної аспірації млинів з пиловиділенням у вузлі їх живлення. В цьому випадку свіже холодне повітря відразу надходить в останню камеру млина і більш ефективно охолоджує продукт помелу, що сприятливо позначається на його подальшому транспортуванні. З проходженням далі, до млина і через бункер, із запиленого аспіраційного повітря осідає значна частина твердих частинок у перших камерах, що сприятливо позначається на ефективності пиловловлювача.

Введення водних розчинів ПВА.

При цьому підвищується ступінь подрібненя та продуктивність млинів, введення до 2,5 % тонкої розпорошеної вологи знижує електричний опір

осадженого пилу.

Введення в подрібнену шихту золи ТЕЦ, опоки, трепелу та інших мінеральних домішок збільшує вміст дрібних фракцій у продуктах помелу, що негативно впливає на роботу пиловловлювачів, спричиняючи зниження ефективності електрофільтрів. Введення вологого шлаку впливає по-різному: при загальному підвищенні вологості шихти до 2–3 % ефективність електрофільтрів підвищується, а робота фільтрів погіршується.

Знепилювання газів, що відходять із клінкеровипальних печей.

Основними джерелами пиловиділення на цементних заводах є печі мокрого та сухого способів виробництва. На кожну тонну клінкеру з обертової печі мокрого способу виробництва виноситься 5,3–7,5 тон запилених газів з температурою 140–400 °С що містять від 80 до 250 кг напіввипаленої сировинної шихти у вигляді дисперсного пилу. При сухому способі виробництва кількість запилених газів, що виносяться з печі, на 25–45 % менша, проте температура досягає 350–400 ºС, а маса тонкодисперсного пилу становить 50–120 кг на 1 т клінкеру. З колосникових холодильників клінкеру викидається 1,1–1,8 т сухого гарячого повітря з температурою 150– 290 °С на 1 т клінкеру, що містить 7–10 кг клінкерних частинок. Загальна кількість запиленого аспіраційного повітря на 1 т клінкеру становить 500 кг пилу з сировинних та цементних млинів.

Причини пиловиділення: відсутність належних укриттів, наявність нещільності і надлишковий тиск усередині кожухів механізмів. Встановлено, що при деякій вологості (залежить від властивостей матеріалу) виділення пилу різко зменшується, тому що наприклад вапняк, опока, глина, гіпс при вологості 10–12 % практично не пилять, сировинна шихта і шамот – при вологості 5–7 %, гранульовані шлаки – при 2,5–3 %, а пісок – при 0,6–1 %. Однак зволоження сировинних матеріалів не завжди доцільно. У деяких випадках істотний ефект дає зменшення швидкості падіння матеріалу шляхом установлення гальмуючих пластин, ланцюгів або вантажних затворів.

Створення інтенсивних вертикальних потоків повітря зверху вниз зі швидкістю до 1 м/с прискорює осадження пиловиділення. Однак все це лише зменшує пиловиділення, але не усуває його. Для повної локалізації вузлів пиловиділення встановлюють аспіраційні укриття, що мають просту конструкцію і надійне ущільнення, що забезпечують мінімальне винесення пилу.

Знепилювання бункера проводять в два етапи: в грунтових циклонах, а потім у рукавних фільтрах або в мокрих пиловловлювачах.

Дроблення, просівання та транспортування ряду матеріалів, що містять вільний оксид кремнію, супроводжується іноді утворенням та виділенням у навколишнє середовище токсичного пилу. Тому, щоб забезпечити санітарно-гігієнічні умови в дробильних відділеннях, необхідно:

1) зменшити первинне пилоутворення за рахунок зменшення кількості пересипок і висоти падіння матеріалу зі стрічки на стрічку, скорочення стадій дроблення, зменшити кут нахилу тачок та інше;

2) добитися зменшення вторинного пилоутворення, що досягає до 45 % загальної запиленості повітря, за рахунок вібрації механізмів, а також повітряних потоків при русі конвеєрів, шківів та ін.;

3) вибрати раціональні, нескладні в обслуговуванні системи і способи знепилювання, а також встановити раціональні об’єми відсмоктуваного та прямоструминного повітря.

При транспортуванні пилоподібних і гарячих матеріалів у місцях завантаження елеватора з приймального бункера також виникає пиловиділення. Пил через нещільності у пристроях надходить у приміщення, в зв’язку з цим бункер потрібно аспірувати.

Для знепилювання силосів застосовують або звичайні протиструминні рукавні фільтри, або рукавні фільтри з авторегенерацією.

Доцільно застосовувати прямоструминні багатосекційні фільтри з довгими рукавами l:d = 45–55, що дозволяє зменшити необхідну продуктивну площу.

Особливістю цих фільтрів є те, що основна маса великого пилу, що не осідає на тканини, потрапляє в бункер, а частина пилу, що відклався на тканині, зривається і падає в бункер. Це дозволяє очищати гази з високою запиленістю (до 100–150 г/м^3) і зменшувати величину та інтенсивність імпульсу регенерації, що подовжує термін служби тканини, яку використовують для фільтрування до 2–3 років.

Знепилювання газів при виробництві силікатної цегли

Завод силікатної цегли включає в себе такі цехи: вапняний, сумішопідготовчий та пресовий з автоклавним відділенням. Цеглу виготовляють із кварцового піску (93 %), вапна (7 %) і води (8 %).

Пісок із кар'єру, що надійшов у приймальне відділення, відсіюється через барабанне сито від великих включень і транспортується в сумішопідготовчий цех, куди надходить також грудкове вапно. У сумішопідготовчому цеху грудкове вапно, заздалегідь подрібнюється в кульових млинах разом із частиною піску (вапняно-кремнеземисте в'яжуче), дозується і змішується в спеціальних змішувачах із піском при додаванні 60–70 % води. Цю суміш подають у реактори періодичної дії для гасіння вапна, потім для повторного перемішування – в кульові або стрижневі млини з додаванням решти води 30–40 %.

Готова суміш надходить у бункери пресового цеху, в якому цегла-сирець формується на пресі. Сирець, покладений за допомогою автоматів-укладальників на вагонетки, подають в автоклави, де він запарюється при тиску 0,8–1,2 МПа і набуває необхідної міцності. Пиловиділення включає тонкодисперсні частинки CaO і SiO_2 понад 10 % розміром менше 5 мкм і 25 % 6–10 мкм. При транспортуванні і подрібненні грудкового вапна з пиловиділенням може відходити до 85 % CaO і до 3–4 % SiO_2; при помелі і змішуванні вапна і піску – до 60% CaO і 5–6 % SiO_2; при розвантаженні реакторів – до 25 % CaO та 13 % SiO_2.

У зв'язку з підвищеною токсичністю цих частинок при можливій високій

запиленості повітря на робочих місцях велика увага приділяється локалізації пиловиділення, створенню надійних укриттів із нахилом та високоефективним знепилюванням аспіраційного повітря.

Тонкодисперсний вапняний пил (70–85 % менше 5 мкм) довго вітає в повітрі і конвекційними потоками заноситься в сусідні приміщення на далекі відстані.

Для очищення аспіраційного повітря заводів виробництва силікатної цегли, а також вапняних цехів необхідно застосовувати високоефективні пиловловлювальні установки з рукавним фільтром на другому етапі знепилювання. Оскільки в процесі виробництва силікатної цегли можна раціонально використовувати пульпу, що отримується при мокрому знепилюванні, на цих заводах доцільно застосовувати апарати мокрого пиловловлювання.

Щоб уникнути підвищення вихідної запиленості при вході в пиловловлювальні пристрої, концентрація пилу на вході в апарат не повинна перевищувати 5 г/м^3.

У приймальному відділенні, куди надходить пісок, при невеликій вологості потрібно робити укриття сит і грохотів з аспірацією їх за допомогою вентиляторів та знепилювання в циклонах, в рукавних або в мокрих пиловловлювачах.

Рукавні фільтри теплоізолюють, ставлять в утеплених приміщеннях, забезпечуючи регенерацію тканини підігрітим повітрям. Об’єм відсмоктуваного повітря визначають з таким розрахунком, щоб створити в укриттях розрідження не менше 1–2 Па.

Установку для спільного помелу грудкового вапна і піску знепилюють за допомогою потужних аспіраційних шахт або циклонів і рукавних фільтрів із рукавами з склотканини. Кількість повітря, що відсмоктується з кульового млина, визначають з урахуванням раціональної інтенсивної аспірації (0,2–0,3 кг на 1 кг вапна); вхідну запиленість аспіраційного повітря при цьому беруть у межах 100–200 г/м^3.

Площу фільтрації тканини рукавного фільтра цієї установки визначають з урахуванням знепилювання аспіраційного повітря, що відсмоктується з укриттів дробарки грудкового вапна, конвейєра, елеватора, бункера млина. Запиленість цього повітря зазвичай не перевищує 10 г/м^3.

У масозаготовчому відділенні підлягають знепилюванню бункери кремній-вапняного в'яжучого, а також мішалки, стрічкові конвейєри, місця завантаження та розвантаження реакторів гасіння вапна. Запиленість відсмоктуваного повітря залежить від зазначеного обладнання та укриттів та становить близько 10 г/м^3.

З урахуванням компонування знепилювального обладнання доцільно встановлювати три знепилювальні установки:

– бункери кремній-вапняного в'яжучого, використовуючи рукавні фільтри з регенерацією тканини підігрітим повітрям;

– мішалки, стрічкові конвейєри і реактори – за допомогою мокрих пиловловлювачів;

– вузли розвантаження реакторів і подачі маси в бункери пресового відділення, застосовуючи мокрі пиловловлювачі.

У пресовому відділенні вузли вивантаження з бункерів, мішалки, а також навантаження сирцю на конвейєр забезпечують мокрими пиловловлювачами. Для створення належного мікроклімату на робочих місцях масозаготовлення, пресового відділення, до мокрих пиловловлювачів додатково необхідно встановлювати вентиляційні системи та пристрої для пневматичного пилоприбирання.

Контрольні запитання

1. Які основні операції включає технологічна схема виробництва цементу? Які з них є джерелами пилоутворення?

2. Які заходи щодо боротьби із пилоутворенням при виробництві цементу є найбільше дієвими?

3. Які властивості має пил виробництва цементу?

4. Які основні пиловловлювальні пристрої використовуються на заводах з виробництва цементу?

5. Які види газоподібних викидів утворюються при виробництві цементу? За допомогою яких методів їх можна знешкоджувати?

14 ЗНЕПИЛЕННЯ ГАЗІВ У ВИРОБНИЦТВІ СКЛА ТА ЕМАЛЕЙ

Для виробництва скла використовують кварцовий пісок (SiO_2), доломіт, крейду, соду, поташ, борну кислоту (H_3BO_3) або буру ($Na_2B_4O_7$), глинозем та інші оксиди.

Процес виробництва скла включає такі операції:

1) підготовку шихти. При цьому пісок збагачують, зменшуючи вміст оксидів заліза, сушать у сушильних барабанах і просіюють, а крейду та доломіт дроблять, сушать, подрібнюють у кульових млинах або спеціальних змішувачах різних типів, щоб забезпечити однорідність скломаси;

2) варіння скла при температурі 1200–1450 °С в періодичних або безперервних печах;

3) витягування стрічки листового скла (на машинах вертикального або горизонтального типу) або пресування (склоблоків та ін.), або видування порожнистих виробів.

Після обробки (різання, шліфування та ін.) продукцію відправляють на склади й упаковують.

Склади цехів скляних заводів найбільш запилені через незадовільний стан конструкцій та недостатню герметичність обладнання, що застосовується; відсутність укриттів; неефективну аспірацію, а також через слабку механізацію процесів. На ділянках сушіння і просіювання піску запиленість коливається від 10 до 30 мг/м^3, іноді досягаючи 100 мг/м^3; пил вміщує до 70 % вільного SiO_2, основна маса 65–80 % частинок має розміри менше 5 мкм. Аналогічне становище спостерігається на ділянках подрібнення та змішування компонентів, де крім силікозонебезпечності пил характеризується значною лужністю (до 20–25 %). Концентрація пилу в повітрі також залежить від конструкції змішувача. Найкращими є змішувачі безперервної дії, обладнані укриттями. В них можна зволожувати шихту, крім того, вони дозволяють виключити ручні операції з завантаження і вивантаження.

У машинно-ванних цехах крім теплового випромінювання

спостерігається пиловиділення при завантаженні шихти та склобою в бункер (запиленість цих ділянок 40–50 мг/м^3). Гази, що відходять зі скловарних печей, в яких містяться возгони цінних компонентів, як правило, не знепилюються. Таким чином, для цього виробництва характерно інтенсивне виділення пилу з втратами в процесі механічної та термічної обробки близько 2–4 % основних сировинних компонентів, що забруднюють навколишнє середовище.

Щоб забезпечити ефективне знепилювання цехів виробництва скляних виробів, крім установки в цих цехах належних аспіраційно-знепилювальних і опалювально-вентиляційних систем, необхідно повністю механізувати операції з підготовки шихти і розмістити герметизоване обладнання за його потоком; над агрегатами, що виділяють багато пилу (дробарками, бігунами, ситами та ін.), необхідно встановити відповідні укриття та забезпечити в них розрідження 1–2 Па.

Фізико-хімічні властивості пилу здебільшого відповідають властивостям компонентів сировинної шихти. Аерозолі, що виділяються при виробництві скла, являють собою продукт дезінтеграції сировинних матеріалів і термічної обробки шихти, при якій крім винесення пилу частина компонентів при високій температурі переганяється.

Сьогодні на скляних заводах застосовують пиловловлювальні установки, що включають циклони і рукавні фільтри (ефективність яких не становить до 80 і 98 % відповідно). Такі фільтри не забезпечують необхідного знепилювання аерозолів внаслідок високої гігроскопічності пилу, що призводить до залипання тканини в рукавних фільтрах. З урахуванням властивостей пилу, особливостей виробничих процесів у цехах для знепилювання аспіраційного повітря і газів, що відходять, використовують двоступеневі установки, що включають:

1) циклони з поверненням осадженого пилу у виробничий процес;

2) мокрі пиловловлювачі з використанням розчину соди і сульфату у виробництві для зволоження шихти; пульпа, що отримується при знепилюванні інших агрегатів, направляється шламовими насосами далі в відстійники. Як апарат для мокрого знепилювання застосовують гідродинамічний

пиловловлювач, що є пінним апаратом безперервної дії з періодичним розвантаженням осаджених матеріалів у вигляді шламу або розчину. Рух запиленого потоку через воду відбувається в пінному режимі за рахунок розрідження, створюваного вентилятором. Перфорована решітка забезпечує рівномірний розподіл потоку по всьому перетину і створення над ним рухомого шару піни, в якому створюються сприятливі умови для змочування та осадження частинок у шламозбірник, застосування якого забезпечує безперервну роботу пиловловлювача, знижує витрату води і скорочує витрати на зневоднення шламу. Вивантаження шламу проводиться самопливом. Однак вивантаження можна прискорити за рахунок підведення до шламозбірника стисненого повітря або води під тиском. Добре осідають частинки розміром менше 5 мкм. Ефективність очищення досягає 99,8 %. Гранично допустима температура знепилюючих газів до 300 ºС.

На основі вимог промислової екології сучасне виробництво необхідно розглядати як складну взаємодію еколого-економічної системи.

При розробленні нових або оптимізації існуючих технологій виробництва скла необхідно вирішувати такі завдання промислової екології:

1) розробляти надійний та ефективний контроль за станом біосфери як результату взаємодії літосфери, гідросфери та атмосфери з підсистемами виробництва скла;

2) впроваджувати безвідходні або маловідходні технології виробництва скла, що виробляють кінцевий продукт із мінімальними або нульовими відходами (викидами);

3) створювати нові види обладнання і технологічних процесів, що забезпечують комплексне та раціональне використання сировинних і паливно-енергетичних ресурсів;

4) виробляти технології для утилізації відходів виробництва, що утворюють вторинні матеріальні ресурси;

5) розробляти спеціальні засоби захисту повітряного середовища від пилогазових викидів шкідливих речовин і теплових забруднень, створювати

замкнут цикли та обладнання для очищення стічних вод, замкнуту систему зворотного водопостачання з витяганням токсичних і цінних компонентів;

6) модернізувати існуюче обладнання та технологічні процеси з урахуванням вимог промислової екології.

Виробництво виробів зі скла пов’язане з утворенням великої кількості відходів і викидів, які можна класифікувати за фізико-механічним станом так:

– тверді відходи (склобій, сировинні матеріали цехів підготовки шихти у вигляді пилу, порошкові відходи цехів обробки сортового посуду);

– суспензії та шлами (шлами й осади систем підготовки шихти, систем пилогазовловлювання та очищення стічних вод, суспензії систем шліфування та полірування стекол);

– стічні води (зливи замаслень у виробництві скловолокна, полірувальні, промивні і травильні розчини при обробленні і декоруванні виробів та ін.);

– газоподібні викиди (гази скловарних печей, що вміщують оксиди азоту та сірки, сполуки свинцю, фтору, фосфору і бору, оксид вуглецю, бензопірен, димові гази сушильних цехів підготовки шихти, газова фаза і повітря зі стадій загартування та охолодження скла).

Утворення відходів у різних підсистемах виробництв скла обумовлено рядом причин, ранжування та послідовність яких можна записати в такому порядку:

1 – недосконалість технологічних процесів окремих стадій виробництва скла;

2 – недоліки в конструкції обладнання і його невідповідність характеру процесів, що протікають;

3 – недотримання технологічних регламентів і низька культура обслуговування й експлуатації виробництва.

З усіх класифікацій відходів найбільш ефективна та, що враховує їх фізико-механічний стан, хіміко-фізичну структуру та специфічні властивості.

За властивостями і складом відходів їх можна поділити на такі:

– близькі до вихідної сировини (порошкової шихти);

– близькі до цільового продукту (скломаса, склобій, крихта і пил цехів обробки виробів);

– сподібні до сировини інших виробництв.

У той же час ряд відходів утворюють так звані вторинні матеріальні ресурси, наприклад склобій, кількість якого для деяких виробництв досягає 50 % від вихідної скломаси. До таких ресурсів належать також димові гази скловарних печей, теплота яких може бути використана як джерело енергії.

Класифікуючи відходи виробництва скла, необхідно виділити їх токсичність, тобто ступінь впливу на людину, тваринний світ і рослинність. За цією ознакою можна виділити нешкідливі, токсичні й особливо токсичні відходи.

Технологія скла включає дві основні стадії: підготовку сировинних компонентів з отриманням шихти і скловаріння з виробленням скловиробів.

Основним компонентом шихти, що використовується для широкого асортименту стекол, є кварцовий пісок, діоксид кремнію, який становить 50–75 % маси готового скла. До складу шихти входять також: карбонат натрію, доломіт, карбонат калію, сульфати, нітрат кальцію та нітрат натрію, борна кислота, оксиди свинцю, цинку, миш’яку, фтористі сполуки та ін.

Пилоутворення відбувається з початковими операціями розвантаження і транспортування компонентів шихти, тому склад пилу, що утворюється на кожній з цих операцій, буде різним. Однак навіть при локальному потраплянні в атмосферу (від однієї установки), спричиненому неправильною організацією повітрообміну, пил може поширитися по всьому відділенню.

Найбільше запилювання характерно для доломіту, вапняку (крейди), польового і плавикового шпату, карбонату натрію та борної кислоти. Кількість пилу, що утворюється, досягає для шихт скляних заводів 1,6 % від маси, з якої готується шихта. Максимальні пилевтрати припадають на матеріали вапнякової групи і польового шпату (до 85 % від загальної кількості пилу), а в повітрі при отриманній шихті міститься до 60–70 % пилових частинок розміром менше за

5 мкм.

У скляному виробництві пилові частинки розміром до 50 мкм утримуються в повітрі тривалий час. Пил має фіброгенну дію (SiO_2) і загальнотоксичну (B_2O_3, As_2O_3 та ін.).

У навколишній атмосфері на рівні приземного шару, концентрація шкідливих речовин не повинна перевищувати 30 % від ГДК у робочій зоні приміщення.

Підготовка сировини для виробництва скла пов'язана з інтенсивним відокремленням пилу. Пилоутворення відбувається в процесах подрібнення, класифікації, змішування компонентів шихти, їх сушіння і транспортування.

На більшості скляних заводів сировинні компоненти і шихту транспортують від місця їх приготування та переробки до скловарної печі за допомогою елеваторів, стрічкових конвеєрів та ін. Основними недоліками такого транспортування є утворення пилу при перевалювальних операціях, розшарування шихти і втрати цінних компонентів, відсутність герметизації, важка ручна праця. Вирішенням цих проблем є використання трубопровідного транспортування матеріалів.

У виробництві скла та скловолокна доцільно використовувати пневмозмішування сипучих матеріалів. Пилоочисні апарати застосовують для очищення газів, що виходять з різних підсистем виробництва скла (зі скловарних печей, із сушильних барабанів, відсмоктуване повітря з місць обробки скловиробів та ін.).

У скляній промисловості серед пристроїв очищення знаходять застосування: циклони, пористі (рукавні) фільтри й апарати мокрого пиловловлювання.

Велику увагу при проектуванні й експлуатації пневмотранспортних та інших пристроїв пилоочищення необхідно приділяти вузлам відділення матеріалу від транспортованого повітря – розвантажувальним і пиловловлювальним пристроям (циклони, фільтри та ін.). Залежно від способу відділення матеріалу в системах пневмотранспорту використовують об'ємні

розвантажувальні пристрої і відцентрові циклони. Вибір того чи іншого типу пристрою залежить від конкретних умов роботи установок і вимог, що висуваються до їх роботи: найбільше значення коефіцієнта осадження матеріалу, мінімальний опір розвантажувального пристрою, надійність в експлуатації.

Перевага віддається відцентровим циклонам, які виконують одночасно і функцію пиловловлювального апарата. Ефективність пиловловлювання пилу в циклонах підвищується зі зменшенням діаметра корпусу, але при цьому знижується їх пропускна здатність. Для забезпечення відповідної продуктивності пневмотранспортного устаткування невеликі циклони групують у батарею. Коефіцієнт пиловловлення батареї циклонів становить 0,76–0,85 і дещо підвищується зі збільшенням вхідної швидкості руху (з 11 до 23 м/с). Використання замість циклонів вихрових пиловловлювачів забезпечує вловлювання частинок пилу розміром 5–7 мкм.

Повітря після розвантажувальних пристроїв або циклонів, насичене субмікронними частинками, повинно направлятися на доочищення в пиловловлювачі. При виборі типу пиловловлювача в умовах роботи потрібних установок враховують такі показники:

– ступінь пиловловлювання, що дорівнює відношенню кількості пилу, за триманого пиловловлювачем, до кількості пилу, що міститься в повітрі, при його надходженні в пиловловлювач;

– опір пиловловлювача, від якого залежить економічність процесу пиловловлення;

– габаритні розміри і маса пиловловлювача, надійність і простота обслуговування.

Найбільш часто в установках пневматичного транспорту застосовуються рукавні тканинні фільтри. Для забезпечення оптимального розрідження, необхідного для фільтрації, встановлюють додатковий вентилятор низького або середнього тиску з великим підсмоктуванням повітря в фільтрі порівняно з основним робочим вентилятором високого тиску.

Сьогодні для очищення газів, що відходять від пилу, застосовують пиловловлювальні установки, що включають тканинні, волокнисті, пористі фільтри (стрічкові, рамні, рукавні) з імпульсним і зворотним продуванням), сухі інерційні пиловловлювачі (циклони ізольовані, групові, батарейні, акустичні коагулятори та ін.), зернисті фільтри.

У виробництві скла при очищенні газів від частинок пилу успішно пройшли перевірку методи й обладнання мокрого пиловловлювання.

Доцільне поєднання сухого та подальшого мокрого очищення, які в свою чергу можуть поєднуватися з адсорбційним очищенням. Розвинена поверхня контакту фаз сприяє збільшенню ефективності пиловловлювання. Необхідність концентрування системи рідина – тверде тіло з поверненням очищеної води на пиловловлювання, накопичення в зрошуваній рідині розчинних компонентів пилу ускладнює систему мокрого пиловловлювання.

Для хімічного очищення газів від сполук фтору із вмістом до 1 г/м^3 можна рекомендувати скрубери з кульовою рухомою насадкою та круглі. Очищення роблять розчинами гідроксиду або карбонату натрію. Ефективність очищення газів від пилу залежить від дисперсності, щільності, здатності до злипання, сипучості, абразивності, змочуваності, гігроскопічності, розчинності та ін. Проте основним параметром при виборі пиловловлювача є розмір частинок.

Для знепилювання процесів сушіння, подрібнення, просіювання, змішування і транспортування сировинних матеріалів розроблено гідродинамічний пиловловлювач. Цей апарат ефективно встановлювати на другому ступені очищення після циклонів для очищення дрібнодисперсного пилу. Вловлений циклоном пил повертається у розвантажувальний бункер відповідного сировинного матеріалу. Шлам, що утворюється при роботі мокрого пиловловлювача, відстоюється і висушується, після чого може використовуватися як домішка до шихти після відповідного коригування її складу. Освітлена вода з відстійника повинна повертатися для повторного використання у пиловловлювач.

Поряд з очищенням пилогазових потоків складових цехів важливою задачею є також очищення димових газів скловарних печей.

Установка має два ступені. Перший – реактор з циркулюючим молотим адсорбентом для уловлювання газових компонентів, другий – зернистий фільтр-адсорбер для уловлювання залишків газових компонентів і пилу. Як адсорбент використовують подрібнені вапняк, доломіт, пісок (розмір зерен 0,5–1 мм).

Висока інтенсивність газо- та пиловиділення при варінні свинцевих стекол і їх велика токсичність зумовлюють необхідність розроблення та оснащення скловарних печей ефективними системами газоочищення.

При очищенні стічних вод виробництва скла застосовують методи фільтрування, осадження, флотації, електрофлотації, нейтралізації. Перспективними є методи, що використовують процеси мембранної технології: електрокоагуляцію, озонування, біологічне очищення.

У виробництві скла основними стоками є: промиваючі води з цехів підготовки сировини; промиваючі води з цехів обробки виробів; промиваючі води, що утворюються при отриманні скловолокна; води від миття обладнання, тари, приміщень та ін.; води від охолодження продуктів і устаткування.

Використані у виробництві скловолокна мастильні матеріали являють собою складні водоемульсійні багатокомпонентні системи, до складу яких входять склеювальні речовини, пластифікатори, емульгатори і вода (90 %). Цими компонентами є: декстрин, желатин, олеїнова кислота, дибутілфталат, триетаноламін, різні ПАР та ін.

При нанесенні на нитку вони диспергуєть в робочу зону, де під дією температури переходить у новий агрегатний стан (парогазоаерозольну суміш), тобто при виробленні скляних волокон спостерігається калібрований (інгаляційний і нашкірний) вплив препарату на обслуговуючий персонал.

Збільшення фільєрності посудин і швидкостей намотування ниток потребує збільшення обсягів замасленого матеріалу. Його безповоротні втрати у вигляді аерозолю становлять 20–70 % від загальної витрати при підвищенні

концентрацій парів замасленого матеріалу в повітряному середовищі робочої зони в 3–5 разів.

У зв'язку з цим створення замаслювачів і підбір їх окремих компонентів повинні здійснюватися з дотриманням жорстких гігієнічних і технологічних вимог. Впроваджуються нові системи повітрообміну в цехах вироблення скловолокна (зниження температур у робочій зоні, місцеві відсмоктувачі із зони появи аерозолю та ін.). Конструкції бобін і бобінотримачів, замаслювальних пристроїв, кожухів намотуючих апаратів дозволяють значною мірою знизити концентрації шкідливих речовин на робочих місцях операторів.

Очищення стічних вод при декоративній обробці сортового посуду, кришталю, хімічної і парфумерної тари (притирання пробок) алмазним інструментом особливо актуальне. Високі швидкості обертання алмазного інструменту, забезпечуючи високу продуктивність шліфування, підвищують і без того високу забрудненість приміщень найдрібнішими частинками від шліфування скла і забруднюють стічні води.

Так, до складу МОР, крім сірчаної кислоти, трансформаторного мастила і вазеліну входять суміш поліетиленгліколевих ефірів вищих жирних спиртів і диціандіамідформальдегідна смола. Наявність смоли виключає повне очищення стічних вод від цих домішок звичайними методами. Проводячи аналогію між хімічними складами замаслювачів для скловолокна і МОР (маються на увазі однакові компоненти, що важко видаляються), рекомендується з метою підвищення ефективності очищення стічних вод цехів обробки скловиробів використовувати метод ультрафільтрації (зворотного осмосу) або термічного шламовидалення.

Скляний бій традиційно використовують як домішку до шихти і приймають у вигляді зворотного склобою та відходів споживання. Зворотний склобій утворюється в процесі виробництва скляних виробів у кількості 2 млн. т за рік і повністю витрачається як необхідна технологічна домішка. З централізовано зібраного склобою понад 90 % використовують у виробництві пляшок з фарбованого скла. Тонна покупного склобою залежно від його

чистоти дозволяє економити 40–50 кг сульфату натрію. Склобій є резервом економії сировинних та енергетичних ресурсів і зменшує кількість токсичних компонентів, що виділяються на стадії завантаження шихти, а також її варіння.

Розроблено та впроваджено технологію варіння тарних стекол з підвищеним вмістом склобою (до 50 %).

Сьогодні на багатьох заводах з виробництва скла та скляного волокна при зупиненні скловарних печей на холодний ремонт, стекломассу з них випускають упродовж декількох годин по лотоку в приймальну яму. Для полегшення операції вилучення скломаси, особливо з печей великої продуктивності, застосовують стрічкові і водоструминні гранулятори скла.

Основними причинами, що стримують збільшення використання покупного склобою, є: суперечливі відомості про вплив склобою на процеси варіння скла; його фізико-хімічні й експлуатаційні властивості; незадовільна якість склобою з точки зору сторонніх домішок; його хімічна неоднорідність та ін. Проте встановлено, що добавка в шихту кожних 10 % склобою дозволяє знизити температуру початку оплавлення на 100 °С. Застосування кожної додаткової тонни склобою економить 1,5 т сировини, у тому числі 100–130 кг карбонату натрію, 40–50 кг сульфату натрію і 50 % чистої води.

Для отримання якісного скла склобій повинен мати той же склад, що й основне скло.

Використання старих скляних пляшок і банок розпочато у виробництві наждакових і шліфувальних кругів, кахлю, шиферу та керамічних виробів. Бій склотари використовують для виготовлення теплоізоляційного скловолокна (скловати), труб, піноскла, у виробництві склопорошка, кераміту і відображаючих дорожніх покриттів.

Випускають декоративний матеріал для стін і підлоги з використанням бою кольорового та свинцевого скла замість традиційних осколків мармуру, кварцу і граніту. Новий декоративний облицювальний матеріал (склокераміт) виготовлений на основі відходів скла, кварцового піску та глини. Розроблено склокремнезіт і порокремнезіт на основі склобою та кварцового піску, що

володіють високими декоративними і фізико-механічними властивостями. Склобій використовують також як наповнювач для приготування композиційних матеріалів зі смол і цементу.

На підприємствах з виробництва скляних волокон використовують два основні варіанти переробки цих видів відходів.

Перший варіант передбачає попереднє розплавлення відходів у печі з наступною термічною грануляцією розплаву скломаси.

Другий варіант передбачає подрібнення або механічне рубання волокон на окремі відрізки або подрібнення в крупку. Матеріал має високу водостійкість, підвищену текучість, хороші електричні показники. Фізико-механічні властивості матеріалу відповідають показникам державного стандарту на фенопласти з мінеральними наповнювачами.

Перероблені відходи з успіхом використовують на підприємствах електро- та радіотехнічної промисловості, а також як облицювальний, покрівельний та декоративний матеріал. На основі таких відходів виробляються неткані фетри, мати, виготовлені голкопробивним способом, та склотканини. Готову продукцію використовують для теплової та акустичної ізоляції, в транспортних машинах і побутовій техніці.

Склотканини використовують у виробництві великогабаритних склопластикових виробів і як гніт для пальників.

Відходи грубого скловолокна, що утворилися при виробленні безперервного скловолокна, використовують у виробництві панелей фільтрів для повітря і скляного порошку. Іноді такі відходи застосовують як домішки (до 5 %) при варінні скла для важкого «короткого» скловолокна.

Відходи штапельного волокна можуть бути використані як поворотний бій або наповнювач у виробництві склопластиків і будівельних матеріалів.

Контрольні запитання

1. Які основні операції включає технологічна схема виробництва скла? Які з них є джерелами пилоутворення?

2. Які заходи Вам відомі щодо боротьби з пилоутворенням при виробництві скла, та які є найбільш дієвими?

3. Які властивості має пил виробництва скла?

4. Які основні пиловловлювальні пристрої використовуються на заводах з виробництва скла?

5. Які види газоподібних викидів утворюються при виробництві скла? За допомогою яких методів їх можна знешкоджувати?

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Алиев Г.М.-А. Пылеулавливание в производстве огнеупоров / Г.М.-А.Алієв. – М.: Металлургия, 1981. – 254 с.

2. Алиев Г.М.-А. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов / Г.М.-А.Алієв. – М.: Металлургия, 1986. – 544 с.

3. Алиев Г.М.-А. Устройство и обслуживание газоочистных и пылеулавливающих установок / Г.М.-А.Алієв. – М.: Металлургия, 1983. – 296 с.

4. Охрана окружающей среды. / Белов С.В., Барбинов Ф.А., Козьянов А.Ф. и др. – М.: Высшая школа, 1991. – 320 с.

5. Гордон Г.М. Пылеулавливание и очистка газов / Г.М. Гордон, И.Л. Пейсахов. – М.: Металлургия, 1968. – 499 с.

6. Очистка производственных сточных вод / Карелин Я.А., Ласков Ю.М., Воронов Ю.В., Яковлев С.В. – М.: Стройиздат, 1990. – 190 с.

7. Ковальчук П.І. Моделювання і прогнозування стану навколишнього середовища / І.П. Ковальчук. – Київ: Либідь, 2003. – 240 с.

8. Козуля Т.В. / Стандартизація. Екологічна стандартизація і метрологія / Т.В. Козуля, О.О. Романовський. – Харків: НТУ «ХПІ», 2005. – 145 с.

9. Коузов П. А. Очистка от пыли газов и воздуха в химической промышленности / П.А. Коузов, А.Д. Мальгин, Г.М. Скрябин. – Л.: Химия, 1985. – 256 с.

10. Пинигин М.А. Охрана атмосферного воздуха / М.А. Пинигин. – М.: Высшая школа, 1989. – 167 с.

11. Оборудование, сооружения, основы проектирования химико - технологических процессов защиты биосферы от промышленных выбросов / Родионов А.И., Кузнецов Ю.П., Зенков В.В., Соловьев Г.С. – М.: Химия, 1985. – 352 с.

12. Родионов А.И. Техника защиты окружающей среды / А.И. Родионов, В.П. Клушин, И.С. Торочешников. – М.: Химия, 1989. – 512 с.

13. Страус В. Промышленная очистка газов / В. Страус – М.: Химия,

1981. – 616 с.

14. Ужов В.Н. Очистка газов мокрыми фільтрами / В.Н. Ужов, А.Ю. Вальдберг – М.: Химия, 1972. – 246 с.

15. Ужов В.Н. Подготовка промышленных газов к очистке / В.Н. Ужов, А.Ю. Вальдберг. – М.: Химия, 1975. – 216 с.

16. Ужов В.Н. Очистка промышленных газов от пыли / В.Н. Ужов, А.Ю. Вальдберг, Б.И. Мягков. – М.: Химия, 1981. – 392 с.

17. Чехов О.С. Вопросы экологии в стекольном производстве / О.С. Чехов, В.И. Назаров, В.Г. Калыгин. – М.: Легпромбытиздат, 1990. – 210 с.

18. Шапилова М.В. Охрана атмосферного воздуха в стекольной промышленности / М.В. Шапилова, И.Т. Тимофеева – М.: Легпромбытиздат, 1992. – 245 с.

19. Штокман Е.А. Очистка воздуха / Е.А. Штокман – М. : Химия, 1998. – 320 с.

ДЛЯ НОТАТОК

Навчальне видання

Автори: ШАПОРЕВ Валерій Павлович
ШАБАНОВА Галина Миколаївна
КОРОГОДСЬКА Алла Миколаївна
ПІТАК Олег Ярославович
ПІТАК Інна Вячеславівна
ТАРАНЕНКОВА Вікторія Віталіївна
БОНДАРЕНКО Тамара Степанівна
ТОЛСТОУСОВА Оксана Валеріївна

ЕКОЛОГІЯ У ВИРОБНИЦТВІ ТУГОПЛАВКИХ НЕМЕТАЛЕВИХ І СИЛІКАТНИХ МАТЕРІАЛІВ

Навчальний посібник для студентів спеціальності 101 «Екологія» та 161 «Хімічна технологія та інженерія»

Роботу до видання рекомендував проф. Зінченко М. Г.

План 2017 р., поз. 109

Підписано до друку 20.04.2018р. Формат 60х80 1/16. Папір офсетний.
Друк - ризографія. Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк. 12.
Наклад 300 прим. Зам. №5-2018. Ціна договірна

Видавництво та друкарня «Технологічний Центр»

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи ДК № 4452 від 10.12.2012 р.

Адреса: 61145, Харків, вул. Шатилова дача, 4